



Universidad  
Carlos III de Madrid

Departamento de Ingeniería Eléctrica  
I.T.I:Electricidad

PROYECTO FIN DE CARRERA

# Diseño de la instalación eléctrica de una electrolinera

Autor: José María Salmerón Ozores

Tutora: Lucía Gauchía Babé

Leganés, 05 Julio de 2012



# Agradecimientos

A mi familia, en especial a mis padres y hermanos, por todo el apoyo, la ayuda y consejos que me han dado siempre y sobre todo durante los años de carrera, y que gracias a ellos he conseguido llegar hasta aquí. Nunca nadie podrá enseñarme tantas cosas como vosotros me habéis enseñado.

A mi Yaya, porque desde donde está me da la fuerza necesaria para conseguir mis metas.

A mis tíos y primos, por actuar y ser como mis segundos padres y por confiar en mí siempre y darme todo su apoyo.

Me gustaría dar las gracias a mis amigos, que aunque no nombre a todos ellos y ellas saben quiénes son, gracias por "empujarme" en los momentos de agobio, gracias por esos largos cafés en la "ñ", y por tantos y tantos momentos buenos vividos en todos estos años que no cambiaría por nada.

Por último, gracias al Departamento de Ingeniería Eléctrica, por enseñarme el maravilloso mundo de la electricidad, y en especial a Lucía Gauchía, por no cerrarme la puerta y brindarme la oportunidad de realizar este proyecto fin de carrera, y confiar en mí para su desarrollo, muchas gracias.

Muchas gracias a todos por haberme dado los conocimientos y haberme hecho crecer como persona, y permitirme llegar hasta aquí.





# Resumen

El presente proyecto fin de carrera, tiene por objetivo, el estudio de los principales medios de recarga de vehículo eléctrico, haciendo hincapié, en el estudio concreto de un sistema de recarga rápida o electrolinera, en la que podemos encontrar un número limitado de cargadores, que recargan el vehículo eléctrico, entre 15-30 minutos, en un 80%.

Se decidió realizar este tipo de instalación, por la necesidad que supone tener la energía suficiente para el correcto funcionamiento del vehículo eléctrico, en un tiempo, más o menos, corto. Lo que se intenta conseguir con una electrolinera, es similar a lo que hoy día sucede en las gasolineras, en la que el tiempo de repostaje de un vehículo con un motor de combustión interna, suele rondar entorno a los 10 minutos, en función de la afluencia que tenga la gasolinera en el momento de repostar.

A lo largo de todo el documento se hace referencia a artículos e instrucciones reglamentarias necesarias, para el correcto desarrollo del proyecto, y con el fin de poder dar soluciones a los problemas encontrados durante todo el desarrollo de este.

El proyecto empieza con el desarrollo de una línea de Media Tensión, con una tensión de 20 kV, la cual es propiedad de la empresa Iberdrola, y que se usara únicamente para alimentar nuestra instalación.

Mediante un entronque aéreo-subterráneo, la línea de MT, alimenta un centro de transformación, de abonado en punta, con una potencia instalada de 630 kW, para abastecer correctamente la instalación necesaria para el desarrollo de una electrolinera, la iluminación exterior de esta, y el emplazamiento de un Área de servicio.

La instalación de la electrolinera, está formada por 8 cargadores, en los que el cliente tiene total autonomía, para la recarga del vehículo eléctrico. Los cargadores de Schneider Electric, cuenta con un interfaz maquina-hombre, mediante la cual el cliente

puede realizar el mismo la recarga, siguiendo los pasos indicados en la pantalla del cargador.

La reglamentación vigente, es de obligatorio cumplimiento, abordando desde instalaciones en Media Tensión hasta instalaciones en Baja Tensión, sin olvidarnos de la reglamentación, que regula la recarga del vehículo eléctrico y viene establecida según ITC TC69 [1]

# Índice general

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS .....	17
1.1 Introducción .....	17
1.2 Objetivos .....	20
1.3 Estructura de la memoria .....	20
1.4 Glosario .....	22
2. VEHÍCULOS ELÉCTRICOS .....	23
2.1 Definición y tipos de Vehículos Eléctricos.....	23
2.2 Baterías .....	26
2.2.1 Principio de funcionamiento .....	26
2.2.2 Tipos de Baterías.....	27
2.2.3 Perspectivas de las Baterías .....	30
2.3 Impacto de la integración del vehículo eléctrico en las redes eléctricas. ....	31
2.3.1 Medidas adoptadas.....	32
3. PUNTOS DE RECARGA .....	35
3.1 Normas para consulta.....	36

3.2 Definiciones .....	37
3.2.1 Estación de recarga.....	37
3.2.2 Sistema de Alimentación del vehículo eléctrico ó SAVE .....	37
3.2.3 Cargador que no está a bordo .....	37
3.2.4 Cargador dedicado que no está a bordo .....	37
3.2.5 Estación de carga en c.a. para VE.....	37
3.2.6 Estación de carga en c.c. para VE.....	38
3.3 Características generales.....	38
3.3.1 Valor asignado de la tensión de alimentación.....	38
3.3.2 Tipos de carga.....	38
3.3.3 Modos de carga.....	39
3.3.4 Tipos de conexión del vehículo eléctrico .....	40
3.3.5 Funciones proporcionadas en cada modo de carga.....	41
3.3.6 Comunicación de datos serie .....	42
3.3.7 Conexión entre la fuente de alimentación y el vehículo eléctrico .....	42
3.4 Infraestructuras de recarga.....	46
3.4.1 Placa características en cargador .....	47
3.4.2 Tipos de toma de corriente.....	48
3.4.3 Arquitecturas de recarga .....	49
3.5 Procedimiento de recarga.....	54
3.5.1 Agentes implicados en el proceso de carga .....	54
3.5.2 Conexión al punto de recarga.....	54
3.5.3 Provisión del servicio .....	54
3.5.4 Recarga del VE.....	55
3.6 Caso de estudio para este Proyecto Fin de Carrera.....	56
4. SISTEMAS DE RECARGA RÁPIDA .....	57
4.1 ¿Por qué una recarga rápida? .....	57
4.2 Elección del tipo de cargador.....	59
4.3 Vehículo eléctricos que admiten carga rápida .....	61
5. MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	63
5.1 Legislación aplicable .....	64
5.2 Diseño de la instalación .....	64

5.3 Previsión de Cargas .....	65
5.4 Red subterránea de Media Tensión.....	66
5.4.1 Categoría de clasificación de la línea eléctrica.....	66
5.4.2 Características del conductor .....	66
5.4.3 Accesorios de la instalación.....	69
5.5 Centro de Seccionamiento .....	70
5.5.1 Centro de Seccionamiento .....	70
5.6 Centro de transformación.....	71
5.6.1 Edificio prefabricado.....	71
5.6.2 Celdas del centro de transformación.....	72
5.6.3 Transformador de potencia.....	75
5.6.4 Cuadro de Baja Tensión .....	77
5.6.5 Puesta a tierra.....	80
5.7 Red de distribución en Baja Tensión .....	83
5.7.1 Líneas Principales.....	85
5.7.2 Líneas Secundarias.....	86
6. CÁLCULOS ELÉCTRICOS JUSTIFICADOS .....	87
6.1 Cálculos de la línea subterránea.....	88
6.1.1 Intensidad nominal de diseño.....	88
6.1.2 Densidad máxima de corriente.....	89
6.1.3 Resistencia de la línea .....	89
6.1.4 Reactancia aparente de la línea .....	90
6.1.5 Caída de tensión.....	90
6.1.6 Potencia máxima a transportar.....	92
6.1.7 Pérdidas de potencia .....	94
6.2 Cálculos del centro de transformación.....	95
6.2.1 Intensidad de Media Tensión .....	96
6.2.2 Intensidad de Baja Tensión.....	96
6.2.3 Intensidad de cortocircuito .....	97
6.2.4 Dimensionamiento de la Ventilación.....	98
6.2.5 Acometida desde centro de seccionamiento a centro de transformación .....	98
6.2.6 Puentes en Media Tensión .....	99
6.2.7 Dimensionado del embarrado.....	99
6.2.8 Cálculo de la protecciones del centro de transformación .....	100
6.3 Cálculo de la instalación de Baja Tensión .....	102

6.3.1	<i>Determinación de la sección de los conductores .....</i>	<i>103</i>
6.3.2	<i>Derivaciones de las líneas .....</i>	<i>106</i>
6.3.3	<i>Derivaciones secundarias de la líneas .....</i>	<i>111</i>
6.3.4	<i>Protecciones en el Baja Tensión .....</i>	<i>115</i>
6.4	<b>Cálculo de las puestas a tierra.....</b>	<b>117</b>
6.4.1	<i>Características del suelo.....</i>	<i>117</i>
6.4.2	<i>Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo de eliminación de defecto. ....</i>	<i>117</i>
6.4.3	<i>Diseño preliminar de la instalación de tierra.....</i>	<i>118</i>
6.4.4	<i>Cálculo de la resistencia de puesta a tierra real.....</i>	<i>121</i>
6.4.5	<i>Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación .....</i>	<i>122</i>
6.4.6	<i>Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación .....</i>	<i>122</i>
6.4.7	<i>Cálculo de las tensiones aplicadas.....</i>	<i>123</i>
6.4.8	<i>Investigación de las tensiones transferibles al exterior.....</i>	<i>125</i>
	<b>PRESUPUESTO .....</b>	<b>127</b>
	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>143</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>145</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>149</b>

# Índice de figuras

Figura 1. Esquema de la instalación eléctrica de la electrolinera.....	19
Figura 2. Esquema de los distintos tipos de vehículos eléctricos.....	24
Figura 3. Ejemplo de una batería de VE formada por 6 células en serie.....	30
Figura 4. Sistemas de recarga de VE.....	32
Figura 5. Curva de Demanda con el uso de Sistemas Inteligentes de Gestión de carga...	33
Figura 6. Distintos modos de carga según su forma de conexión de red .....	40
Figura 7. Configuraciones reales de los tipos de toma de corriente .....	48
Figura 8. Estándar Yazaki regulada por CHAdeMO para recarga rápida .....	49
Figura 9. Arquitecturas de recarga actuales.....	53
Figura 10. Unidad de pago propuesta por Schneider Electric .....	55
Figura 11. Modelos de cargadores admitidos por CHAdeMO para recarga rápida .....	59
Figura 12. Modelo de carga rápida en c.c. EV Link.....	60
Figura 13. Modelos actuales que admiten recarga rápida .....	61
Figura 14. Partes del conductor HEPRZ1 Al .....	67
Figura 15. Edificio prefabricado tipo EHC-4 .....	72
Figura 16. Características transformadores en baño de aceite de hasta 24 kV.....	76
Figura 17. Transformador tipo caseta de hasta 1000 kVA de Schneider Electric.....	76
Figura 18. Esquema para varios usuarios con contadores en forma centralizada .....	83
Figura 19. Esquema de distribución de los cargadores en la electrolinera.....	112

# Índice de tablas

Tabla 1. Características básicas de las baterías de Ion-Litio con diferentes composiciones químicas.....	29
Tabla 2.Comparación características de los tres tipos de baterías vistos .....	30
Tabla 3. Infraestructuras Recarga vehículo eléctrico .....	31
Tabla 4. Resumen de las principales características según el modo de carga .....	39
Tabla 5. Modos y conexiones permitidas especificadas en la Norma CEI 61851-1 .....	43
Tabla 6. Resumen de la interfaz universal del vehículo eléctrico1 .....	44
Tabla 7. Resumen de la interfaz básica del vehículo1.....	45
Tabla 8. Compatibilidad de dispositivos parejos en vehículos eléctricos .....	46
Tabla 9. Tipos de toma de corriente de conexión al VE.....	48
Tabla 10. Potencias de la instalación.....	65
Tabla 11. Características de la red de alimentación de la compañía .....	66
Tabla 12. Conductor de la línea de Media Tensión.....	67
Tabla 13. Características específicas del conductor HEPRZ1 .....	68
Tabla 14. Intensidad máxima del conductor bajo las condiciones de trabajo .....	68
Tabla 15. Intensidades máximas de cortocircuito en los conductores.....	69
Tabla 16. Intensidades máximas de cortocircuito en las pantallas .....	69
Tabla 17. Características generales celdas RM6 .....	71
Tabla 18. Características generales celdas modulares SM6 .....	73
Tabla 19. Características del transformador de baño en aceite elegido.....	77



Tabla 20. Características del cuadro de Baja Tensión.....	78
Tabla 21. Líneas del cuadro principal .....	84
Tabla 22. Características de la acometida del centro de transformación.....	95
Tabla 23. Características protecciones de Alta Tensión.....	102
Tabla 24. Intensidad máxima admisible , en A, para cables con conductores de cobre en instalación enterada (SERVICIO PERMANENTE) .....	103
Tabla 25. Distribución de los cargadores .....	112









# Capítulo 1

## Introducción y objetivos

### 1.1 Introducción

Hoy en día, la instauración del vehículo eléctrico, es necesaria cuanto antes mejor, debido al deterioro medioambiental que se está produciendo en el mundo y a la escasez de reservas de petróleo.

Hemos avanzado mucho, pero lo cierto es que los motores de combustión están sufriendo un declive debido por culpa de aspectos medioambientales, falta de reservas petrolíferas, etc. Además las emisiones de los coches convencionales empiezan a ser insostenibles para el entorno.

Actualmente, raro es el día que no se vea una nueva noticia sobre algún nuevo modelo de vehículo eléctrico, o alguna innovación sobre vehículos o infraestructuras de



desarrollo de estos, e incluso se pueden ver algunos modelos de vehículos eléctricos circulando actualmente por las carreteras españolas.

La intención de este proyecto es dar una visión de los sistemas actuales de recarga de baterías, y así poder ser conscientes de la instalación necesaria para el desarrollo de electrolineras de recarga rápida. Para que quede más claro se puede ver el esquema de la instalación en la Figura 1.

Desgraciadamente aún no está todo pulido en lo que al vehículo eléctrico se refiere. Hay ciertas cosas que necesitan ser mejoradas y problemas que han de ser resueltos, el mayor de ellos ahora mismo es la autonomía de las baterías.

Al fin y al cabo, las demás carencias de estos vehículos, como pueden ser una mayor variedad de modelos, mayores prestaciones, sensaciones deportivas... se resolverán con el tiempo cuando la demanda aumente; pero el problema de las baterías es un lastre difícil de salvar para el desarrollo del coche eléctrico

Hoy en día son muchos los planes y acuerdos que países y gobiernos tienen con empresas de investigación en el sector, para el desarrollo continuo del VE, por ejemplo, en España uno muy conocido es el plan Movele [2], al que pertenecen empresas como ACS, Endesa, Gas-Natural Fenosa e Iberdrola, que se encarga de buscar soluciones para la mejor implantación del VE.

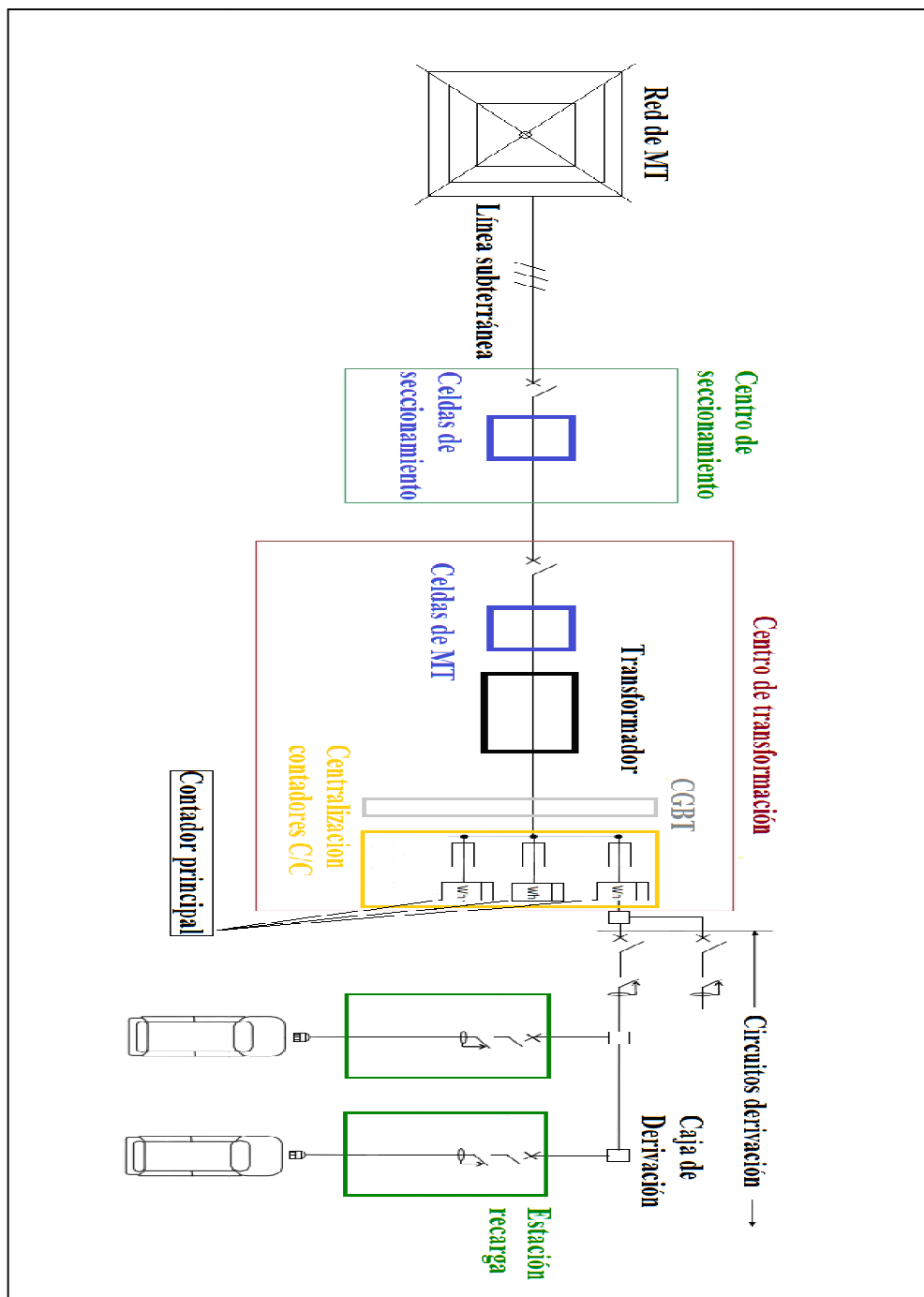


Figura 1. Esquema de la instalación eléctrica de la electrolinera

## 1.2 Objetivos

El principal objetivo es dar una visión de las partes que tiene que tener una instalación de una electrolinera, más o menos, para abastecer entre 6-10 coches a la vez.

Para realizar correctamente el desarrollo de este proyecto nos centramos en los siguientes objetivos:

- Dar una visión de los métodos de recarga actuales que existen para la recarga de VE.
- Analizar las baterías actuales viendo las principales características eléctricas y como afectan a la fase de recarga.
- Estudio de la normativa actual sobre el vehículo eléctrico y ver cómo afecta a los sistemas de recarga rápida, sobre restricciones y mejoras en ellas.
- Análisis de la incorporación de los VE a la red actual en España.
- Estudio de una instalación en baja tensión con características especiales, como es el caso de una electrolinera.

## 1.3 Estructura de la memoria

La memoria se organiza en 6 capítulos, de los cuales se hará una breve descripción de cada uno de ellos.

- **Capítulo 1:** El primer capítulo cuenta la introducción del proyecto y los objetivos por los cuales se llevo a cabo el estudio de este proyecto.
- **Capítulo 2:** El capítulo segundo, nos aporta los conocimientos básicos sobre los vehículos eléctricos, haciendo hincapié en tipos, modelos actuales de baterías que existen en el mercado y comparativa de características, así como un resumen de cómo afecta la recarga de vehículos eléctricos a la red.





- **Capítulo 3:** En este capítulo se intenta aclarar un poco más en profundidad la normativa actual vigente sobre los vehículos eléctricos, y se hace alusión al tipo desarrollado por nosotros según normativa.
- **Capítulo 4:** Se describe un poco más en profundidad el porqué el desarrollo de un sistema de recarga rápida y se especifica la elección del cargador elegido para el desarrollo del proyecto.
- **Capítulo 5:** Define las adaptaciones y diseños de la instalación eléctrica en el caso de una electrolinera, con el desarrollo completo de cada parte, y modelos elegidos para cada caso, con explicaciones de ellos.
- **Capítulo 6:** Es el capítulo en el que realizamos todos los cálculos llevados a cabo para la realización de la instalación eléctrica, y en el que vienen definidas las ecuaciones de cálculo para el desarrollo de la instalación.



## 1.4 Glosario

- VE: Vehículo Eléctrico
- BOE: Boletín Oficial del Estado
- REBT: Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión
- BT: Baja Tensión
- MT: Media Tensión
- AT: Alta Tensión
- DCR: Dispositivo de Corriente Residual
- CHAdEMO: CHArge de MOve (Carga para moverse)
- DC: Corriente continua
- IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
- AC: Corriente alterna
- CS: Centro de seccionamiento
- CT: Centro de transformación
- REE: Red Eléctrica de España



# Capítulo 2

## Vehículos Eléctricos

### 2.1 Definición y tipos de Vehículos Eléctricos

Pertenecientes a la categoría de vehículos eléctricos<sup>1</sup> se puede encontrar una división, ver Figura 2, según prestemos atención al grado de participación del motor eléctrico y posibilidades de carga.

---

<sup>1</sup> Vehículo eléctrico o también nombrado VE

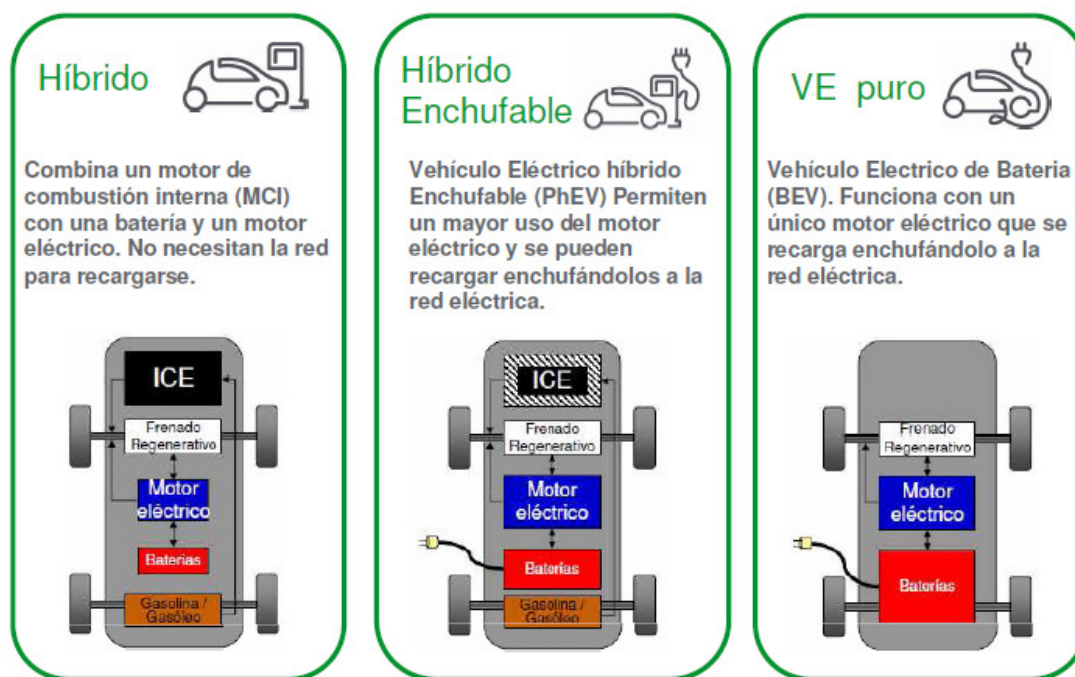


Figura 2. Esquema de los distintos tipos de vehículos eléctricos

Fuente: <http://tss10.btec.org/descargas/btec50.pdf>

- **Vehículo eléctrico de Batería(VE)<sup>2</sup>**

Vehículo de carretera eléctrico, se define como cualquier vehículo impulsado por un motor eléctrico que extrae corriente desde una batería acumulador recargable o desde otros dispositivos de acumulación de energía portátiles (recargables, utilizando energía desde una fuente exterior al vehículo como un servicio eléctrico público o residencial), que está fabricado principalmente para su utilización en vías públicas, carreteras o autopistas.

<sup>2</sup> EN 61851-1:2001



- **Vehículo Híbrido Eléctrico**<sup>3</sup>

Son aquellos vehículos que usan únicamente como fuente energética el combustible y no permite la carga de la batería mediante una fuente exterior de electricidad. A diferencia del VE puro, su batería no tiene como misión la de almacenar energía, sino que esta, en todo momento, interviniendo en ciclos de carga y descarga. La reducción de consumo de gasolina está entre el 25% y el 40%.

La batería se puede recargar mediante el motor de gasolina y el frenado regenerativo. El frenado regenerativo obtiene la energía cinética para cargar las baterías cuando el conductor presiona el freno. El Toyota Prius es un ejemplo de vehículos híbridos.

- **Vehículo Híbrido Eléctrico Enchufable**<sup>4</sup>

Son los vehículos eléctricos que combinan un motor de combustión interna (MCI) con una batería y un motor eléctrico. El MCI y/o el motor eléctrico impulsan el vehículo en una configuración paralela o serie.

Co-habitan dos fuentes exteriores de energías, provenientes de los combustibles que permiten mover el motor térmico, y de la electricidad suministrada por la red que permite cargar la batería.

Las baterías se pueden cargar mediante:

- Motor de gasolina
- Freno regenerativo (utiliza la energía cinética almacenada)
- Conectado el vehículo a un punto de recarga.

---

<sup>3</sup> Definición según IDAE( Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía)

<sup>4</sup> Definición según IDAE

## 2.2 Baterías

Actualmente, es una de los mayores retos del vehículo eléctrico, debido a que las baterías actuales, poseen una autonomía bastante limitada.

Batería eléctrica<sup>5</sup>, se podría definir como el dispositivo que almacena energía eléctrica, usando procedimientos electroquímicos y que, posteriormente, la devuelve con ciertas pérdidas. Las baterías están limitadas por un determinado número máximo de ciclos de carga que depende del tipo de batería.

Las características técnicas de los vehículos eléctricos, como autonomía, tiempo de recarga, precio, etc. van a depender del tipo de batería que posea el vehículo eléctrico.

### 2.2.1 Principio de funcionamiento

El principio de funcionamiento de las baterías, es conocido como Redox, o lo que es lo mismo, es el proceso reversible llamado reducción - oxidación.

El proceso es en el cual, uno de los componentes se oxida, es decir, pierde electrones, y el otro se reduce, o lo que es lo mismo, gana electrones. Los componentes que no resultan consumidos no se pierden, solo cambian su estado de oxidación, y pueden volver a su estado primario, bajo las condiciones adecuadas.

Existen dos clases de baterías, atendiendo a:

- a. **Batería primaria:** La acción química desgasta uno de los electrodos, normalmente el negativo, y por tanto, el electrodo debe ser sustituido.
- b. **Batería secundaria:** El proceso químico en este tipo, es reversible, por lo que los materiales activos pueden ser restaurados a sus condiciones iniciales por recarga.

Los materiales activos pueden ser definidos, como parejas de elementos, en los que tenemos, un material activo, llamado polo positivo o ánodo (con pocos electrones), y otro llamado, polo negativo o cátodo (rico en electrones).

---

<sup>5</sup> Definición según IDAE



Con el fin de obtener una batería que reúna las mejores condiciones técnicas posibles, se debería escoger, el material que aportara mayor potencial de oxidación, como ánodo, y el material que aportara mayor potencial de reducción en el cátodo. Actualmente debemos tener en cuenta otros factores a la hora de la elección de los materiales que formaran nuestra batería, como por ejemplo:

- disponibilidad actual de mercado de los materiales
- coste económico
- capacidad de fabricación a gran escala ...

### 2.2.2 Tipos de Baterías

Las baterías que están usando actualmente los vehículos eléctricos, son principalmente pertenecen a los siguientes tipos<sup>6</sup>:

- **Baterías de Plomo - Acido**

Tradicionalmente, la mayoría de los vehículos eléctricos han utilizado baterías de este tipo, debido a que poseen una tecnología madura, alta disponibilidad y bajo costo.

Ventajas:

- Poseen un tensión elevada, mayor de 2V
- Son capaces de suministrar una elevada intensidad de corriente, y por tanto potencia.
- Al ser una tecnología madura, es el tipo de batería más barata del mercado, siendo su precio entre 100-125€/kWh
- Sus componentes son altamente reciclables. En España se reciclan más del 95% de todas las baterías utilizadas.

Inconvenientes:

- Poseen una baja energía específica. De los distintos tipos de baterías empleadas en los VE son las que tienen una menor energía específica , entre 10 - 40 Wh/Kg
- El número de ciclos de carga y descarga de este tipo de baterías es bajo, entre 400 y 800.

---

<sup>6</sup> Guía del vehículo eléctrico. Fundación de energía de la Comunidad de Madrid

- El impacto ambiental es bastante nocivo, debido a que poseen componentes como el antimonio y el arsénico.

- **Baterías de Níquel - Hidruro metálico**

Se pueden considerar como una evolución de las baterías alcalinas de Níquel - Cadmio. Este tipo se suele emplear sobre todo en los vehículos híbridos, como es el caso de Toyota Prius.

Ventajas:

- Poseen una densidad de energía elevada, entre 60 - 80 Wh/Kg, que superan a las de Plomo - Acido.
- Admiten carga rápida, con una duración de entre 1 - 3 horas.
- No requieren ningún tipo de mantenimiento adicional.

Inconvenientes:

- El numero de ciclos de estas baterías es moderado, y está entre 300 - 600 ciclos.
- El coste es más elevado que en el caso del plomo.
- Su comportamiento no es óptimo en climas fríos.

- **Baterías de Ion Litio**

Es el tipo de baterías más conocido por su uso en instrumentos cotidianos como telefonía móvil, ordenadores portátiles...El Ion Litio predomina en el desarrollo de los vehículos eléctricos debido a que posee unas prestaciones bastante elevadas, de hecho, se espera que sea la tecnología más extendida del futuro.

Ventajas:

- Poseen un voltaje nominal más elevado de los tres tipos vistos, con valores entre 3 y 4 Voltios
- Cuentan con una energía específica muy elevada 80 - 170 Wh/Kg, casi el doble que las NiHM y más de cuatro veces las de plomo, aunque es bastante complicado encontrar en el mercado actual, baterías por encima de los 115Wh/Kg.
- Presentan un bajo "efecto memoria", por lo que tienen una muy buena capacidad de recarga.
- Su impacto medioambiental puede considerarse moderado





Inconvenientes:

- Su coste es elevado, pudiendo llegar a los 800€/kWh
- Pérdida de prestaciones a temperaturas elevadas
- Se degradan cuando se producen sobrecargas o sobre descargas.
- Presentan problemas con descargas por debajo de 2 Voltios

En función de la combinación de materiales que se utilicen, podemos encontrar una amplia gama de baterías de Ion Litio, ver Tabla 1.

**Tabla 1. Características básicas de las baterías de Ion-Litio con diferentes composiciones químicas**

Sistema	Tensión descarga (V)	Rango de temperaturas ( °C)	Energía específica (Wh/kg)	Densidad energía (Wh/L)	Ciclos	Potencia
LiCoO <sub>2</sub>	3.6	-20/60	140-190	360-500	800-1200	L-M
NCA <sup>7</sup>	3.5	-20/60	220-240	500-630	800-1200	L-M
NCM <sup>8</sup>	3.7	-20/60	100-150	230-400	500-700	M-H
Mn spinel <sup>9</sup>	3.7	-20/60	130-150	300-320	500-700	H
Fe phosphate <sup>10</sup>	3.3	-30/70	100-140	250-380	>1000	VH
Nixelion <sup>11</sup>	3.5	-20/60	160	480	≅1000	M-H

Fuente: *Pistoia, Cap.2, Battery Categories and Types* [3]

<sup>7</sup> NCA, Ni-Co-Al

<sup>8</sup> NCM, Ni-Co-Mn

<sup>9</sup> LiMn2O4 dopado con Mg

<sup>10</sup> Nanopartículas, dopadas con LiFePO4

<sup>11</sup> Baterías híbridas sony con Sn-Co-C como negativo LiCoxNiyMnzO2+LiCoO2 como positivo ( L= low (bajo), M = moderate (moderado), H = high(alto), MH = moderately high(moderadamente alto), VH = very high(my alto) )



Figura 3. Ejemplo de una batería de VE formada por 6 células en serie.

### 2.2.3 Perspectivas de las Baterías

El gran esfuerzo que se está poniendo en el desarrollo de baterías de litio, como principal fuente para las aplicaciones de movilidad eléctrica, hace que se sitúen en el punto de mira como las sustitutas de actuales acumuladores, como son los de Plomo - Acido.

Las prestaciones que nos ofrecen las baterías de Ion-Litio, frente a las demás vistas en aplicaciones sobre el vehículo eléctrico, son bastantes ventajosas, ya que como muestra la Tabla 2 , son características que nos aportan mejoras en todos los aspectos, salvo en uno, el coste de dichas baterías.

Tabla 2.Comparación características de los tres tipos de baterías vistos [2]

Batería	Pb-Acido	NiMH	Ion-Litio
Voltaje(V)	2.0	1.2	3.0 - 4.5
Energía(Wh/kg)	10 - 40	60 - 80	80 - 170
Energía(Wh/L)	50 - 100	250	170 -450
Número de ciclos (80%)	400 - 800	300 - 600	500 - 1200
Costes (€/kWh)	100 - 125	220 - 400	250 - 800
Impacto Ambiental	Alto	Bajo	Moderado - Bajo



El coste tan elevado se debe, principalmente, al elevado coste de producción. Lo que la mayoría de las investigaciones de mercado pretenden conseguir, es establecer unos estándares aceptados por toda la industria, para así poder crear baterías de Ion-Litio, para conseguir un aumento del volumen de producción de estos modelos, y lograr un descenso más rápido y seguro de los costes de producción, y se consigan aumentar los tiempos de recarga de estas baterías.

## 2.3 Impacto de la integración del vehículo eléctrico en las redes eléctricas.

La incorporación del vehículo eléctrico a las redes de distribución prevén un impacto técnico y económico en el sistema eléctrico, debido a que se prevé una recarga masiva de estos, que afectaran tanto a la operación del sistema como a posibles refuerzos necesarios en la actual infraestructura eléctrica.

Dimensionar el impacto que tendrá la recarga del VE en el sector eléctrico, dependerá de cuándo, dónde, y como se realice la carga de estos, ya que tenemos una amplia variedad de métodos de carga, como indica la Tabla 3, y que posteriormente en capítulos siguientes se verán en mayor profundidad.

**Tabla 3. Infraestructuras Recarga vehículo eléctrico**

LUGAR DE RECARGA	TIPO DE RECARGA
Domicilio	Lenta
Parking público o privado	Lenta/Rápida
Electrolinera	Rápida

Fuente: *Recurso propio*

La curva de la demanda no es constante a lo largo del día pero sí previsible, por lo que hay que intentar evitar poner a cargar los VE en las horas pico, donde más demanda de energía hay, y promover la recarga en las horas valle, o donde se consume menos energía.

Lo que podría suceder sería algo parecido al siguiente ejemplo, una batería normal de media en un VE admite entre 10 - 50 kWh, que durante la recarga, hacen que la potencia consumida varíe entre 3kW y 100kW, atendiendo a ambos tipos de recarga, es decir, carga

lenta y rápida. Lo que sucede es que la mayoría de las personas pondrán a cargar el coche en el momento que lleguen a casa, es decir, en el momento en que la red eléctrica tiene un pico de demanda, ampliándose este por un pico de recarga de los VEs, lo que supone que la red eléctrica actual sea insuficiente para la integración masiva del VE mediante un sistema de recarga no controlada.

### 2.3.1 Medidas adoptadas

Hay que tener en cuenta que la demanda de electricidad no es constante a lo largo del día, pero si sabemos que es previsible a lo largo del día, por lo que es un factor a tener en cuenta para adoptar medidas sobre el impacto de la red.

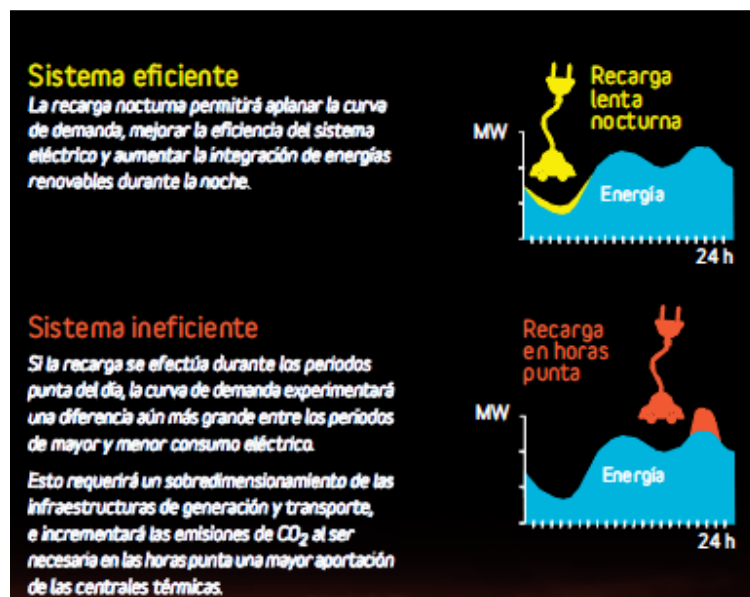


Figura 4. Sistemas de recarga de VE

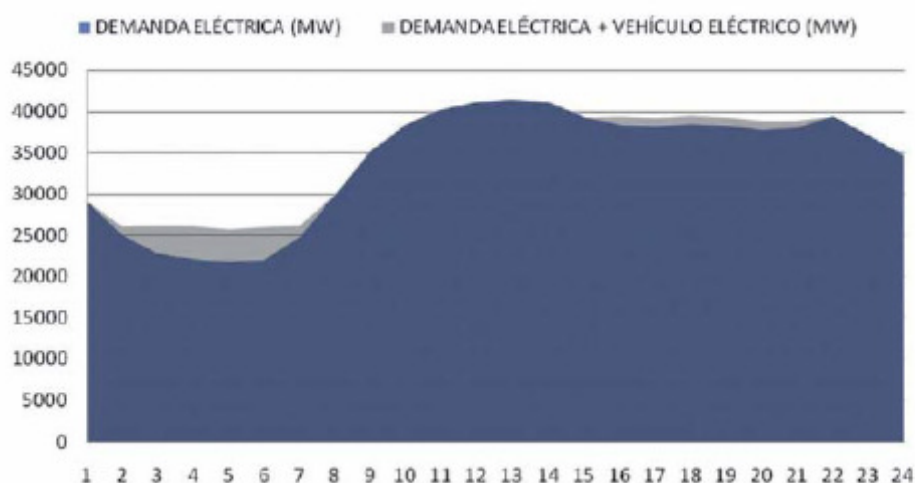
Fuente: REE

La demanda por la noche, es menor, sobre todo en las denominadas horas valle, que coincide con un exceso de generación, que puede provenir de las energías renovables, sobre todo de la energía eólica, debido al descenso de temperaturas y aumento del viento por la noche. Poner a cargar los VE durante este periodo, nos aportaría una mejora en el sistema eléctrico, ya que se aprovecharía una energía que normalmente está desaprovechada. Por tanto, la mejor manera actual de cargar los VE sería con una recarga lenta, en domicilio o

parking, con una toma de 230V y 16A, para así poder "aplanar" la curva de energía, mediante el uso de SIG<sup>12</sup>, ver Figura 4 y Figura 5.

Un Sistema inteligente de gestión de carga, según Ministerio de Industria, Turismo y Comercio se puede definir como:

*"Sistema de gestión de la energía que permite la recarga del VE, mediante la regulación de su intensidad de carga o deslastre de cargas, de forma que se facilite la gestión y aplanamiento de la curva de demanda y el sobredimensionamiento de las redes de distribución, acometidas y líneas generales de alimentación"*



**Figura 5. Curva de Demanda con el uso de Sistemas Inteligentes de Gestión de carga**

Fuente: *Ministerio de Industria, Turismo y Comercio*

Si nos encontramos ante el caso de recarga rápida, el medio de actuar sería distinto ya que estamos trabajando, con potencias de trabajo bastante más elevadas, por lo que el efecto que producen en la red es bastante mayor, y una conexión elevada de VE en carga rápida al mismo tiempo, podría afectar bastante a la capacidad que posee el sistema eléctrico.

Una de las soluciones planteadas para obtener una recarga rápida sin afectar al sistema eléctrico, es instalar puestos de cambio de baterías, en el que el cliente puede sustituir la batería descargada por una que cargada, en cuestión de 5 minutos. Las baterías

<sup>12</sup> Sistemas inteligentes de gestión de carga



que lleguen descargadas se irían recargando sin prisa durante todo el día en carga lenta, y sin afectar en exceso a la red eléctrica, consiguiéndose así una armonía entre empresario, cliente, y el sistema eléctrico.

Actualmente el estudio continuo y el gran avance tecnológico, hace que cada día sea más "real" el uso de electrolineras o estaciones de carga rápida, y de aquí surge el estudio de este proyecto, con el fin de poder dar una solución a como implantar un sistema de electrolineras intentando realizar el menos daño posible al sistema eléctrico.



# Capítulo 3

## Puntos de Recarga

Una de las dudas que puede surgir a la hora de adquirir un VE es ¿donde lo puedo recargar? Es una pregunta que está en la mente de muchas personas, porque cada vez se promueve más la compra de VEs, pero se desconoce dónde, cómo y cuándo se puede recargar el VE.

El presente proyecto define infraestructuras actuales de recarga, y hace especial hincapié, en el caso de la recarga rápida de VE. Antes de centrarse en el caso concreto, se va a introducir los tipos, modos y distintas infraestructuras que podemos encontrar sobre el vehículo eléctrico, así como, se va a proceder a hacer referencia a la normativa vigente que regula el sector de la recarga de los vehículos eléctricos.

### 3.1 Normas para consulta

- UNE 62196-1: "Bases, clavijas, acopladores de vehículo y entradas del vehículo. Carga conductiva de vehículos eléctricos. Parte 1: Carga de vehículos eléctricos hasta 250 A en corriente alterna y 400 A en corriente continua" Julio 2004.
- UNE 61851-1: "Sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos. Parte 1: Requisitos generales" Julio 2004.
- UNE 61851-21: "Sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos. Parte 21: Requisitos del vehículo eléctrico para conexión conductora en c.a./c.c" Diciembre 2002.
- UNE 61851-22: "Sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos. Parte 22: Estación de carga en c.a. para vehículos eléctricos" Diciembre 2002.
- Reglamento electrotécnico de baja tensión (Real Decreto 842/2002, 2 de agosto de 2002):
  - ITC-BT-09: Instalaciones de alumbrado exterior.
  - ITC-BT-12: Instalaciones de enlace. Esquemas.
  - ITC-BT-18: Instalaciones de puesta a tierra.
  - ITC-BT-19: Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales.
  - ITC-BT-23: Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra sobretensiones.
  - ITC-BT-28: Instalaciones en locales de pública concurrencia.
  - ITC-BT-29: Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión.
- Normas técnicas particulares aprobadas por las compañías distribuidoras.





## **3.2 Definiciones<sup>1</sup>**

### **3.2.1 Estación de recarga**

Se denomina estación de recarga al conjunto de equipos destinados a suministrar c.a. o c.c. a vehículos eléctricos. Contiene la toma de corriente, que son cada uno de los puntos de alimentación para los VE presentes en una estación de recarga.

### **3.2.2 Sistema de Alimentación del vehículo eléctrico ó SAVE**

Los conductores, incluyendo los conductores de fase, neutro y de toma de tierra de protección, los acoplamientos del VE, clavijas de sujeción, y todos los demás accesorios, dispositivos, enchufes de salida de potencia o aparatos instalados específicamente con el fin de suministrar energía desde el cableado del edificio al VE y permitir la comunicación entre ellos si es necesario.

### **3.2.3 Cargador que no está a bordo**

Cargador conectado al cableado de la red de c.a. del edificio y diseñado para operar fuera del vehículo. En este caso, se suministra al vehículo corriente continua.

### **3.2.4 Cargador dedicado que no está a bordo**

Cargador que no está a bordo diseñado para su utilización con un tipo específico de VE solamente, que puede tener funciones o comunicación de control de carga.

### **3.2.5 Estación de carga en c.a. para VE**

Todos los equipos para suministrar c.a. a VEs, instalados en un(as) envolvente(s) y con funciones de control especiales.

---

<sup>1</sup> Según EN 61851-1:2001

### 3.2.6 Estación de carga en c.c. para VE

Todos los equipos para suministrar c.c. a VE's, instalados en un(as) envolvente(s) y con funciones de control especiales y situado fuera del vehículo

## 3.3 Características generales

### 3.3.1 Valor asignado de la tensión de alimentación

Según UNE-EN 61851-1:2001, el valor nominal de la tensión de alimentación en c.a. del vehículo es de hasta 690V. Los equipos deben funcionar correctamente dentro del  $\pm 10\%$  de la tensión nominal normalizada (según la Norma CEI 60038). El valor nominal de la frecuencia es de 50Hz  $\pm 1\%$  o 60Hz  $\pm 1\%$ .

### 3.3.2 Tipos de carga

Atendiendo a las distintas potencias, corrientes de circulación y tiempos de carga podemos hablar de carga lenta y carga rápida.

- **Carga lenta:** Entendemos por carga lenta la carga en la que la potencia demandada por el VE está comprendida entre 3.5 - 22 kW, y el tiempo de carga esté comprendido entre 8 - 6 horas.
- **Carga semi-rápida:** solo lo aceptan algunos vehículos, aunque se espera que sea una forma de carga común. El tiempo de carga oscila entre 3 - 4 horas.
- **Carga rápida:** Es aquella carga, en la que potencia demandada oscila entre los 43 - 150 kW, y el tiempo de carga varía en 10 - 30 min, dependiendo del tipo de cargador, y la potencia proporcionada por este.

Prestando atención a estas características y con la ayuda de empresas como Acciona, se puede desarrollar una tabla resumen de las principales características demandadas en cada modo de carga, ver Tabla 4.



**Tabla 4. Resumen de las principales características según el modo de carga [4]**

MODO	CORRIENTE (A)	POTENCIA (kW)	CARGA
Modo 1	Max. 16 A por fase	3.7 - 11	Lenta
Modo 2	Max. 32 A por fase	7.4 - 22	Lenta
Modo 3	Max. 64 A por fase	14.8 - 43	Semi-rápida
Modo 4	Hasta 400 A	Aprox. 50 - 150	Rápida

### 3.3.3 Modos de carga

Dentro de la normativa UNE-EN 61851-1:2001, podemos observar que existen cuatro modos de carga distintos que son, ver Figura 6:

- **Carga en modo 1:** Conexión del VE a la red de c.a. utilizando tomas de corriente normalizadas, de hasta 16 A, en el lado de alimentación, monofásicos o trifásicos, y utilizando fase(s), neutro y conductores de toma de tierra de protección. La utilización de carga en modo 1 depende de la presencia de un dispositivo de corriente residual (DCR)<sup>2</sup> en el lado de la alimentación. No se permite la carga en modo 1 allí donde la presencia de un DCR en el lado de la alimentación no lo puedan asegurar las normas nacionales.
- **Carga en modo 2:** Conexión del VE a la red de c.a. utilizando tomas de corrientes normalizadas, monofásicas o trifásicas, y utilizando fase(s), neutro y conductores de toma de tierra de protección junto con un conductor piloto de control entre el VE y la clavija o la caja de control
- **Carga en modo 3:** Conexión directa del VE a la red de c.a. utilizando SAVE dedicados donde el conductor piloto de control se extiende al equipo permanentemente conectado a la red de c.a.

---

<sup>2</sup> Son dispositivos que nos proporciona un grado de seguridad en la detección de fugas de la conexión física de tierra que pueden ser peligrosas para el personal y la maquinaria.

- **Carga en modo 4:** Conexión indirecta del VE a la red de c.a. utilizando un cargador externo donde el conductor piloto de control se extiende al equipo permanentemente conectado a la red de c.a.

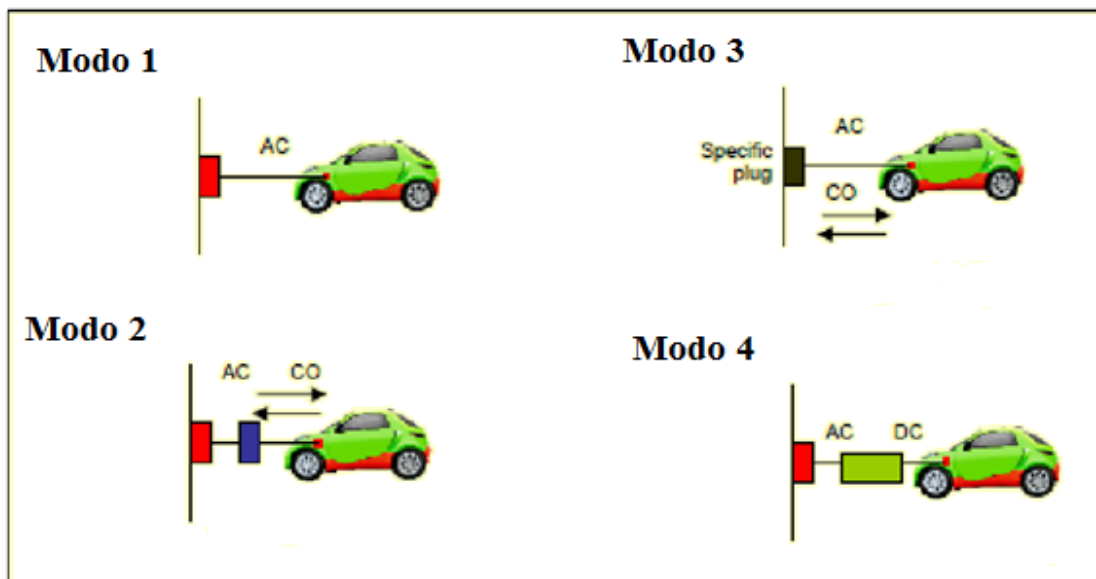


Figura 6. Distintos modos de carga según su forma de conexión de red

Fuente: *Acciona.Ingeteam*.

### 3.3.4 Tipos de conexión del vehículo eléctrico

Según normativa UNE-EN 61851-1:2001, existen varios tipos de conexión, ver ANEXO I:

- **Conexión caso A:** conexión de un VE a la red de c.a. utilizando un cable de alimentación y una clavija permanente unidas al VE.
- **Conexión caso B:** conexión de un VE a la red de c.a. utilizando un cable de carga desmontable con un conector dl vehículo y un equipo de alimentación en c.a.



- **Conexión caso C:** conexión de un VE a la red de c.a. utilizando un cable de alimentación y un conector del vehículo permanentemente unidos al equipo de alimentación. El caso C es el único permitido en el modo 4 de carga.

### 3.3.5 Funciones proporcionadas en cada modo de carga

Para el modo 1 de carga no es necesaria ninguna función adicional, pero para los modos de carga 2,3 y 4, el SAVE debe proporcionar, como mínimo, las funciones obligatorias según normativa UNE-EN 61851-1:2001, como se dan a continuación:

- Funciones obligatorias
  - Verificación de que el vehículo está conectado correctamente
  - Comprobación continua de la integridad del conductor de toma de tierra de protección
  - Activación del sistema
  - Desactivación del sistema
  - Selección de la velocidad de carga
- Funciones opcionales
  - Determinación de requisitos de ventilación del área de carga
  - Detección/ajuste de la corriente de carga disponible en tiempo real del equipo de alimentación
  - Retención/liberación del acoplador

### 3.3.6 Comunicación de datos serie

La comunicación de datos serie viene especificada a continuación según estemos en los distintos modos de carga.

- **Carga en modo 1:** La comunicación de datos serie no se utiliza
- **Carga en modo 2:** La comunicación de datos serie es opcional
- **Carga en modo 3:** La comunicación de datos serie es opcional
- **Carga en modo 4:** La comunicación de datos serie es obligatorio para permitir al vehículo controlar el cargador que no está a bordo excepto en el caso de los cargadores que no están a bordo dedicados

### 3.3.7 Conexión entre la fuente de alimentación y el vehículo eléctrico

Entre la fuente de alimentación y el vehículo eléctrico debe existir, un interfaz, atendiendo al modo de carga seleccionado y al tipo de conexión elegida. Atendiendo a estas características la norma UNE-EN 61851-1:2001, ha desarrollado una tabla resumen, en la que están definidos todos los modos de carga, y conexiones permitidas para así crear el interfaz válido, ver Tabla 5.

El apartado 5, Norma UNE- EN 62196-1 [6], proporciona las características generales, donde debemos definir:

- Tensión de funcionamiento recomendada
  - 0 a 30 V ( solo señalización o control)
  - 230 V en corriente alterna
  - 400 V en corriente alterna
  - 500 V en corriente alterna
  - 600 V en corriente continua
- Corrientes asignadas
  - 30 A en corriente alterna o 32 A en corriente alterna

- 250 A en corriente alterna
- 400 A en corriente continua

**Tabla 5. Modos y conexiones permitidas especificadas en la Norma CEI 61851-1[5], ver ANEXO I**

Modo	Amp.	Fases	Clavijas y bases					Conectores VE y entradas						Comentarios													
			Patillas de alimentación y tierra de protección	Patillas de control incl. piloto	Tipo	62196	Caso	Caja de control de entrada	Patillas de alimentación y tierra de protección	Patillas de control incl. piloto	Tipo	62196	Caso														
1	16	1	1 + N o 2	Ninguno	Cualquiera		A		1 + N o 2	Ninguno			A	Véase la nota 1													
					Cualquiera		B						B o U <sub>12</sub>		B												
		3	3 + N	Ninguno	Cualquiera		A		3 + N	Ninguno			A														
					Cualquiera		B						B o U <sub>12</sub>		B												
2	32	1	1 + N o 2	Ninguno	Cualquiera		B	Si	1 + N, o 2 3 + N	1			B o U <sub>12</sub>	B	Usa caja de control de entrada												
		3	3 + N	Ninguno	Cualquiera		B	Si	3 + N	1				B o U <sub>12</sub>	B	Usa caja de control de entrada											
3	32	1	1 + N o 2	4		B o U <sub>12</sub>	A B C		1 + N, o 2 3 + N	4			B o U <sub>12</sub>	A B C													
		3	3 + N	4		B o U <sub>12</sub>	A B C		3 + N	4			B o U <sub>12</sub>	A B C													
	250	1								1 + N, o 2 @ 32 A	4		U <sub>A</sub>														

NOTA 1 – Restricciones considerando una carga menor de 16 A debería reconocerse por el fabricante del vehículo.

NOTA 2 – En la columna titulada "62196", los puntos relacionados se definen como:  
B Básico.  
U<sub>12</sub> Interfaz universal asignada para 32 A en corriente alterna sólo.  
U<sub>A</sub> Interfaz universal asignada para 32/250 A en corriente alterna sólo.  
U<sub>D</sub> Interfaz universal asignada para 32/400 A en corriente continua sólo.

NOTA 3 – En la columna titulada "Tipo", la palabra "Cualquiera" indica que puede usarse cualquier interfaz clavija/base normalizada CEI.

NOTA 4 – Se usan "L<sub>1</sub> con N" o "L<sub>1</sub> con L<sub>2</sub>" para monofásico para ajustar la alimentación.

NOTA 5 – Es obligatorio el contacto a tierra en todos los accesorios, es obligatorio el contacto piloto en accesorios en modo 2, 3 y 4. Los otros contactos se proporcionan a requerimiento del usuario.

La tabla nos define dependiendo el modo de carga en el que nos encontremos, saber datos característicos, como por ejemplo, la segunda columna describe las corrientes máximas permitidas para ese modo. La tercera columna describe clavijas y bases, y la tercera conectores y entradas al VE.

Una vez tengamos definidos nuestros parámetros de trabajo, se debe pasar al estudio de su interfaz, con el fin de crear la más apropiada para cada caso, de tal forma que se proporcione la descripción de los requisitos de la interfaz eléctrica conductora física entre el vehículo y la fuente de alimentación, y según normativa UNE- EN 62196-1, existen:

- a) una interfaz universal para todos los modos de carga que cubre, ver Tabla 6
  - corriente alterna de alta potencia y 32 A en corriente alterna
  - corriente continua de alta potencia y 32 A en corriente alterna
- b) una interfaz básica para los modos de carga 1,2 y 3 solamente, que cubre el nivel de 32 A en corriente alterna, ver

**Tabla 6. Resumen de la interfaz universal del vehículo eléctrico1 [6]**

Posición n°	c.a./c.a. de alta potencia	c.c./c.a. de alta potencia	Funciones <sup>a</sup>
1	500 V 250 A <sup>b</sup>	600 V 400 A <sup>b</sup>	c.c. o c.a. de alta potencia
2	500 V 250 A	600 V 400 A	c.c. o c.a. de alta potencia
3	500 V 250 A	–	c.a. de alta potencia
4	400 V 32 A	400 V 32 A <sup>c</sup>	L1 (red 1)
5	400 V 32 A	400 V 32 A	L2 (red 2)
6	400 V 32 A	400 V 32 A	L3 (red 3)
7	400 V 32 A	400 V 32 A	N (neutro)
8	Asignada para fallo	Asignada para fallo	PE (masa/tierra)
9	30 V 2 A	30 V 2 A	Piloto de control
10	30 V 2 A	30 V 2 A	Comunicación 1 (+)
11	30 V 2 A	30 V 2 A	Comunicación 2 (–)
12	30 V 2 A	30 V 2 A	Tierra de comunicación
<sup>a</sup> Para los contactos 9 a 12, las condiciones ambientales pueden demandar mayores secciones del conductor. <sup>b</sup> Para los contactos de alta potencia, está en estudio un ciclo de servicio. <sup>c</sup> En los siguientes países, el circuito secundario del dispositivo de protección de sobrecorriente se basa en el 125% del valor asignado del dispositivo: USA.			



**Tabla 7. Resumen de la interfaz básica del vehículo1[6]**

Posición nº	c.a.	Funciones <sup>a</sup>
1	–	c.c. o c.a. de alta potencia
2	–	c.c. o c.a. de alta potencia
3	–	c.a. de alta potencia
4	400 V 32 A <sup>b</sup>	L1 (red 1)
5	400 V 32 A	L2 (red 2)
6	400 V 32 A	L3 (red 3)
7	400 V 32 A	N (neutro)
8	Asignada para fallo	PE (masa/terru)
9	30 V 2 A	Piloto de control
10	–	Comunicación 1 (+)
11	–	Comunicación 2 (-)
12	–	Tierra de comunicación
13	30 V 2 A	Indicador de potencia
14	30 V 2 A	Indicador de potencia
<sup>a</sup> Para los contactos 9 a 14, las condiciones ambientales pueden demandar mayores secciones del conductor.		
<sup>b</sup> En los siguientes países, el circuito secundario del dispositivo de protección de sobrecorriente se basa en el 125% del valor asignado del dispositivo: USA.		

Una vez definido que tipo de interfaz es válida para nuestra instalación hay que comprobar la compatibilidad de los dispositivos, es decir, comprobar que las entradas al vehículo y los tipos de conectores son compatibles.

Según UNE- EN 62196-1, existen:

- Tres tipos de entrada del vehículo, cada una identificada

Universal, corriente alterna de alta  
potencia

$U_A$

Universal, corriente continua de alta  
potencia

$U_D$

Básica

B

- Cuatro tipos de conectores de vehículos, cada uno identificado

Universal, corriente alterna de alta potencia	$U_A$
Universal, corriente continua de alta potencia	$U_D$
Universal, 32 A en corriente alterna	$U_{32}$
Básica	B

Con el tipo de entrada y el tipo de conector seleccionado, mediante la Tabla 8, vemos si nuestro sistema de recarga es compatible o no.

**Tabla 8. Compatibilidad de dispositivos parejos en vehículos eléctricos [6]**

Entrada	Conector del vehículo			
	$U_A$	$U_D$	$U_{32}$	B
$U_A$	Sí	No	Sí	No
$U_D$	No	Sí	Sí	No
B	No	No	No	Sí

## 3.4 Infraestructuras de recarga

Hoy día existen distintos tipos de infraestructuras de recarga, según se realicen la instalación en la vía pública, en superficie en un entorno controlado o en el interior de garajes.

Con el fin de solucionar el problema de autonomía que tienen los VE, y permitir que los usuarios puedan utilizar estos con la mayor libertad posible, nacen los distintos tipos de



infraestructuras de recarga del VE, para poner al alcance de todos los usuarios una energía accesible y en cualquier lugar y momento.

### **3.4.1 Placa características en cargador**

Según el apartado 14 de la Norma UNE-EN 61851-22, los postes deberán llevar grabado de forma indeleble y legible en placa o etiqueta identificativa los siguientes datos:

- Nombre del fabricante
- Referencia del equipo
- N° de serie
- Fecha de fabricación
- Tensión asignada (V)
- Frecuencia asignada (Hz)
- Corriente asignada (A)
- N° fases
- Grados IP
- "Utilización en recintos cerrados exclusivamente" o similar

Además de una placa en la que se indique claramente instrucciones de uso para así posibles daños, tanto al cargador como a la persona.

### 3.4.2 Tipos de toma de corriente

**Tabla 9. Tipos de toma de corriente de conexión al VE**

Fuente: *Schneider Electric*

Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
<p>Conexión Monofásica Intensidad máxima 32 A Tensión máxima 250 V Nº patillas 5</p>	<p>Conexión Monofásica/Trifásica Intensidad máxima 70 A (monofásica) y 63 A (trifásica) Tensión máxima 500 V Nº patillas 7</p>	<p>Conexión Monofásica/Trifásica Intensidad máxima 32 A Tensión máxima 500 V Nº patillas 5 o 7</p>

La toma de corriente Tipo 3 posee además de lo mencionado, obturadores que evitan el contacto directo con las partes en tensión, bajo un grado de protección IPXXD, denominada "child protection".

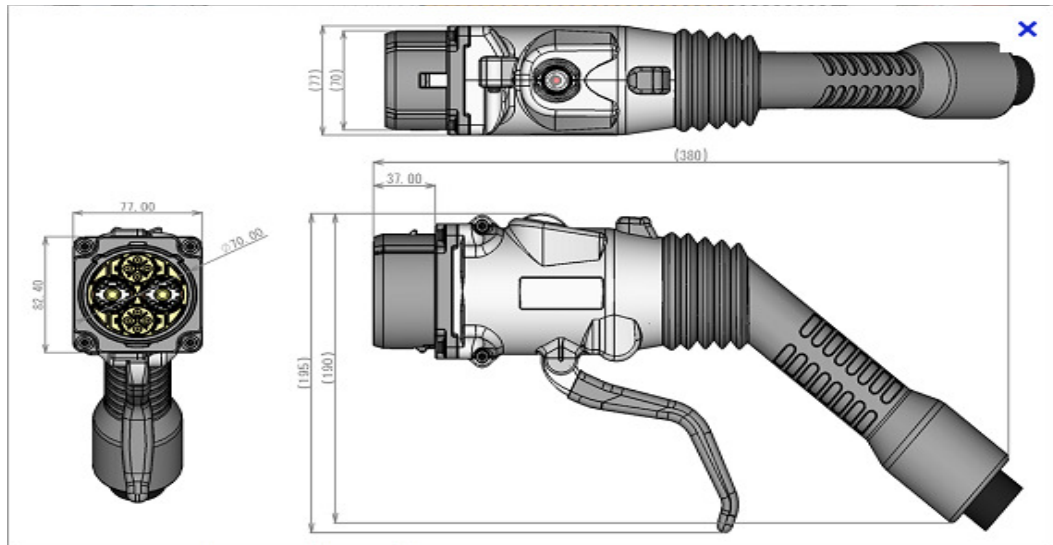
Como ejemplos gráficos de los tipos de toma de corriente, ver Figura 7.



**Figura 7. Configuraciones reales de los tipos de toma de corriente**

Fuente: *Schneider Electric*

Las tomas de corriente para el caso de carga rápida, vienen reguladas por la Norma de carga CHAdeMO, que es la asociación de compañías del automóvil y de la electricidad que se encarga de gestionar la carga en corriente continua como estándar industrial de los vehículos eléctricos, ver Figura 8.



**Figura 8. Estándar Yazaki regulada por CHAdeMO para recarga rápida**

Fuente: CHAdeMO

### 3.4.3 Arquitecturas de recarga

En este apartado del capítulo se va a proceder a hacer una distinción de las distintas arquitecturas de recarga que podemos encontrar para la recarga de VE, las cuales están resumidas en la Figura 9.

En función de la ubicación de la instalación de recarga existen varias topologías que podemos clasificar en:

#### Vía pública

En este caso, el poste de recarga se situara en la acera con el fin de dar suministro a los vehículos eléctricos estacionados en las plazas de aparcamiento reservadas a esta actividad. Dentro de este grupo podemos encontrar dos modalidades:

**a) Poste de recarga**

El poste se fijará en la acera y lo más próximo a la calzada para así poder ayudar a mejorar la recarga.

El número de postes vendrá limitado por el número de tomas que tenga cada poste de recarga, y de la posición de aparcamiento del vehículo para efectuar la recarga, ya sea en batería o en línea.

**b) Motocicletas**

Es un punto distinto que los postes de recarga, debido a que tiene forma de pórtico, formado por una barra que contiene las tomas de corriente y dos soportes.

Al igual que en el caso de los postes, se fijaran a la acera y se buscara que estén lo más próximos posibles a la calzada.

Suelen tener entre tres y seis tomas de corrientes, y debe disponer al igual que los postes de recarga, de un sistema de protección ante riesgos eléctricos y actos vandálicos e impida su acceso sin identificación.

## **Entorno controlado**

Nos encontramos ante el caso, de aparcamientos de superficie en recintos con acceso restringido que pueden tener acceso de personal autorizado o no autorizado. Nos encontramos ante el caso de las denominadas electrolineras, en las que al igual que en una gasolinera convencional, la gente acude para poder recargar su vehículo eléctrico. Dentro de los sistemas de entorno controlado podemos encontrar la siguiente configuración:

**a) Sistemas multipunto**

Estos sistemas están formados por los siguientes equipos:

- N puntos de recarga.
- Cuadro de mando y operación de unidad de control que gestione N puntos de recarga.



La autenticación de los usuarios que quieren hacer uso del sistema de recarga, viene dada por un sistema de lectura de tarjetas RFID<sup>3</sup> [7]. Una vez realizada la autenticación, se electrificará el punto de recarga elegido o asignado.

El cuadro de control estará fabricado en material metálico, y la pintura del punto de recarga será aislante eléctrica.

Los grados de protección que deben soportar, si se encuentran a la intemperie son:

- IP 44, según Norma UNE 20324.
- IK 10, según Norma UNE-EN 50102.

El número de postes de recarga vendrá definido, por el responsable de la explotación de los puntos de recarga, o bien por la potencia contratada en ese punto.

Debe disponer de sistema que generen históricos de recarga, gestionar alarmas o cualquier tipo de incidencia, y poder controlar la carga, mediante la conexión o desconexión de los puntos de recarga, así como mantener una comunicación con el sistema del centro de Gestión de Datos.

## Interior

Este tipo de sistemas de recarga, se instalarán en el interior de aparcamientos, viviendas, etc. o lo que es lo mismo en un entorno controlado. Al igual que en apartados anteriores se pueden distinguir distintos tipos, que son:

### a) Monopunto

El punto se anclará en la pared, de forma que la parte inferior del conector quede entre una altura de 0.9 y 1.2 m por encima del nivel del suelo, según recomendación de Naciones Unidas sobre accesibilidad para personas minusválidas.

---

<sup>3</sup> RFID; La tecnología de identificación por radiofrecuencia se utiliza para memorizar y leer la información almacenada en un chip, sin contacto directo. El chip electrónico cuenta con una antena, generalmente una delgada banda metálica, que no precisa ninguna pila, ya que contiene la energía de las ondas de radio recibidas. Este sistema puede ser incorporado en una tarjeta, etiqueta, caja de plástico o pasaporte.



A nivel constructivo, tendrá capacidad para albergar una toma de corriente para la recarga de vehículos eléctricos, y los grados de protección de la instalación serán:

- IP 21, según Norma UNE 20324.
- IK 08, según Norma UNE-EN 50102.

Para proteger frente a robos o riesgos eléctricos, se cortara la electrificación del punto de recarga si se produce la desconexión del conector, un fallo o si se completa la carga.

**b) Sistemas multipunto**

Las características son las mismas que las citadas en el punto 3.4.3.2 apartado a), y los grados de protección los mismos que en el apartado b).



	Arquitectura	Alimentación	Acceso a la carga
	<b>Autónoma</b>	<b>Individual</b>	<b>Acceso abierto</b>
Recomendada para:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso residencial</li> <li>• Aplicaciones comerciales como empresas, hoteles y aparcamientos de centros comerciales</li> </ul>			
	<b>Autónoma</b>	<b>Individual</b>	<b>Acceso restringido</b>
Recomendada para:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicaciones comerciales como empresas, hoteles y aparcamientos de centros comerciales</li> </ul>			
	<b>Multipunto</b>	<b>Colectiva</b>	<b>Acceso abierto</b>
Recomendada para:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicaciones comerciales como flotas de vehículos, empresas, hoteles y aparcamientos de centros comerciales</li> </ul>			
	<b>Multipunto</b>	<b>Colectiva</b>	<b>Acceso restringido</b>
Recomendada para:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicaciones de carga a pie de carretera</li> <li>• Garajes comerciales</li> <li>• Aplicaciones comerciales como flotas de vehículos, empresas, hoteles y aparcamientos de centros comerciales</li> </ul>			
	<b>Multipunto</b>	<b>Colectiva</b>	<b>Acceso restringido o pago por uso</b>
Recomendada para:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicaciones de carga a pie de carretera</li> </ul>			
	<b>Autónoma</b>	<b>Individual</b>	<b>Acceso restringido o pago por uso</b>
Recomendada para:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estaciones de recarga rápida</li> </ul>			

**Figura 9. Arquitecturas de recarga actuales**

Fuente: *Schneider Electric*

## 3.5 Procedimiento de recarga

En este apartado, se va a proceder a explicar la operación de recarga del VE, y como mantener un nivel de seguridad adecuado durante dicho proceso, así como, las personas o agentes implicados en el proceso.

### 3.5.1 Agentes implicados en el proceso de carga

Los agentes implicados en dicho proceso se resumen en:

- **Entidad Gestora:** es quien gestiona el proceso, se encarga de la acreditación de los usuarios de infraestructura y del proceso de información.
- **Poste de recarga:** es quien se encarga de aportar energía al VE.
- **Cliente final:** se entiende como cliente final el coche, aunque este esté ligado al VE, por lo que si el dueño es propietario de más de un VE, deberá solicitar una autorización por vehículo.

### 3.5.2 Conexión al punto de recarga

Según estándares de la IEC, por ejemplo, seleccionando el modo de conexión y el tipo de toma de corriente adecuado para cada caso, aplicando la Norma UNE-EN 61851-1.

### 3.5.3 Provisión del servicio

Para poder hacer uso de las infraestructuras de recarga, existen varias formas para recargar el vehículo y son:

1. La primera, el cliente tendrá que entrar en contacto con la entidad gestora, para así poder crear una base de datos de los clientes que hacen uso de las estaciones de carga, y así proporcionarle una tarjeta asociada a su vehículo eléctrico, para que pueda hacer uso de la recarga sin intermediarios. El sistema de reconocimiento puede ser tipo RFID, código de barras, etc. para así poder cargar la energía consumida a esa identificación.
2. La segunda, sería aproximada a la que tenemos hoy día en las gasolineras. El cliente llegaría a la estación de recarga, y pondría su vehículo en carga, hasta que este tenga energía suficiente para poder seguir usándose. El sistema de pago sería inmediato mediante el uso de sistemas de pago como el gestionado por Schneider Electric, que podemos ver en la Figura 10.

#### Terminal de pago



- Gestión de abonados.
- Cobro de pagos.
- Supervisión del funcionamiento del sistema de recarga.
- Comunicación con el servidor.



Figura 10. Unidad de pago propuesta por Schneider Electric

### 3.5.4 Recarga del VE

Es la misma etapa para todas las recargas, y siguen los siguientes pasos:

1. Identificación mediante tarjeta
2. Apertura del sistema antivandálico
3. El punto de conexión permite la conexión del VE

4. Bloqueo del cable al punto de recarga.
5. Comienzo de la carga

Para el sistema de desconexión los pasos son:

1. Identificación mediante tarjeta
2. Desconexión de la tensión de carga y apertura del sistema antivandálico
3. Desbloqueo del cable del punto de recarga
4. El punto de recarga permite la desconexión del VE
5. Cierre del sistema antivandálico

## 3.6 Caso de estudio para este Proyecto Fin de Carrera

Desde el punto de vista regulatorio el modo y el tipo de conexión estarían definidos, así como, aspectos relacionados con las infraestructuras de recarga, o como es el proceso de recarga de un vehículo eléctrico.

En el día a día, se trabaja con otros tipos de términos más coloquiales, y de mayor manejo, por ese motivo, como conclusión a este punto, se define el principal medio de carga que se pretende en el estudio de este proyecto.

Atendiendo a las características de desarrollo, nuestro caso concreto sería la carga en modo 4, con cargador externo al VE de hasta 400A, conexión caso C, con un cable de alimentación y conector unidos a la estación de recarga, y en el cual tendremos que tener muy en cuenta que necesitamos tener una comunicación de datos serie, así como las funciones especificadas en el punto 3.3.4, o regulado por protocolo CHAdeMO.

Como toma de conexión de corriente, al encontrarnos ante un sistema de carga rápida, sería el tipo de toma estipulado por CHAdeMO, que viene integrado en el cargador elegido como se verán en el capítulo posterior.

Por lo que como conclusión a este punto, el estudio principal de este proyecto se centra, en los sistemas de recarga rápida, o también llamadas electrolineras



# Capítulo 4

## Sistemas de recarga rápida

### 4.1 ¿Por qué una recarga rápida?

Como se ha dicho al finalizar el capítulo anterior, la decisión del estudio fue la recarga rápida, por la necesidad que puede surgir a los usuarios del vehículo eléctrico, de tener la capacidad de este, casi en su totalidad, en un tiempo relativamente corto.

Lo que se quiere conseguir con la recarga rápida, es implantar un sistema de "repostaje" lo más rápido posible, tal y como sucede hoy día con el servicio de carga de combustibles en las gasolineras, que el tiempo de repostaje oscila entre 5-10 min. en función de la afluencia de esta.

Actualmente, los sistemas de recarga rápida, están consiguiendo que la batería se recargue en un 80% en un tiempo aproximado de unos 15 - 30 minutos, en los que el usuario puede hacer uso de instalaciones adyacentes, como áreas de servicio en los que se disponga de pequeñas tiendas, restaurantes, etc.



En el presente proyecto se ha planteado dicha necesidad y se ha destinado una parte de la energía de la instalación, para el futuro desarrollo de un área de servicio que cumpla con las necesidades que pueden tener los clientes que hagan uso de la electrolinera, aunque no se ha llevado a cabo el desarrollo de esta instalación.

Uno de los principales problemas de la carga rápida, es la carga demandada por las baterías de los coches durante la recarga, que se encuentra entorno a unos 50 kW. La potencia es el elemento que está condicionado a la red, es decir, la red debe disponer de potencia suficiente para garantizar la carga de los vehículos eléctricos sin que la red llegue a saturarse. Varias empresa se están centrando en este problema, y un ejemplo se puede apreciar a continuación, como se comenta en la guía del VE, de la Comunidad de Madrid [14].

Existe un acuerdo entre Endesa y la empresa dedicada al sector del VE, Circe, en el que se está intentando realizar una electrolinera que garantice la recarga rápida independientemente de la potencia que pueda prestar la red en cada momento. Para lograrlo se está desarrollando un prototipo de marquesina, que están dotadas con baterías de Ion Litio junto a supe condensadores, para que actúen como acumuladores de electricidad. Se apoyaría esta tecnología equipando las electrolineras con la ayuda de fuentes de energías renovables, para así aumentar la fiabilidad y eficiencia del equipo.

## 4.2 Elección del tipo de cargador

Actualmente, y según el sistema CHAdeMO, son varias las empresas que hoy en día participan en el desarrollo y mejora de los sistemas de carga rápida, tanto a nivel nacional como internacional, como podemos ver en la Figura 11.



Figura 11. Modelos de cargadores admitidos por CHAdeMO para recarga rápida

Fuente: CHAdeMO

En este caso se ha elegido, el cargador EV Link perteneciente a la familia de cargadores de recarga rápida de Schneider Electric, como podemos ver en la Figura 12.

El modelo de cargador dispone de un cable conector de carga de 500 V c.c. a 125 A.



**Figura 12. Modelo de carga rápida en c.c. EV Link**

Fuente: *Schneider Electric*

Las características técnicas del cargador se encuentran en ANEXO II



## 4.3 Vehículo eléctricos que admiten carga rápida

Actualmente no todos los modelos de VE admiten el estándar impuesto por CHAdeMO para la recarga rápida. La lista de modelos actuales en el mercado que pueden admitir la recarga rápida es la que se muestra en la Figura 13.

		
三菱 MINICAB MiEV	BD Otomotiv eKANGOO	BD Otomotiv eTRAFIC
		
三菱 i-MiEV	日産 LEAF	Micro-Vett Fiorino
		
Protoscar LAMPO2	Peugeot iON	Citroen C-ZERO

**Figura 13. Modelos actuales que admiten recarga rápida**

Fuente: CHAdeMO





# Capítulo 5

## Memoria descriptiva de la instalación eléctrica

Para la descripción de dicho capítulo se va a proceder a hacer un análisis de las distintas partes que forman la instalación eléctrica, tanto en Media como en Baja tensión, y las distintas características de estas, siendo las partes a tratar:

- Previsión de cargas
- Red subterránea de MT
- Centro de seccionamiento
- Centro de transformación
- Red de distribución de BT
- Puestas a tierra

## 5.1 Legislación aplicable

Para la realización de este proyecto, se ha hecho uso de las siguientes normativas vigentes:

- Reglamento electrotécnico de Baja Tensión 2002, según Ministerio de Industria.
- Normas particulares de la compañía, en este caso Iberdrola, nombradas como NI.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA.
- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de transformación, según decreto 3275/1982 de 12 de Noviembre de 1982 e Instrucciones Técnicas Complementarias denominadas MIE-RAT con orden de fecha 6 de Julio de 1984.
- Catálogos e información técnica proporcionada por Schneider.

## 5.2 Diseño de la instalación

El presente proyecto surgió ante la necesidad actual y que tendremos en un futuro no muy lejano, sobre la recarga de vehículos eléctricos.

Como se ha comentado en capítulos anteriores, la potencia que se necesita para los sistemas de recarga rápida es bastante elevada, y ante dicho problema se optó por un diseño independiente de la instalación en la que únicamente se abasteciera nuestra instalación eléctrica, que está formada por:

- Infraestructura de recarga rápida, o electrolinera.
- Área de servicio ( Sin desarrollar)
- Iluminación exterior



El diseño por el que se optó, fue crear una derivación en una línea de Media Tensión de 20 kV, para poder así tener un nivel de potencia adecuado, y poder abastecer nuestra infraestructura de recarga rápida. Se pretende definir las condiciones necesarias para la implantación de un nuevo centro de transformación con un transformador de 630 kVA.

Posterior al transformador, nos encontramos con el Cuadro General de Baja Tensión (CGBT), que desemboca en el Cuadro de Contadores (C/C) y de donde salen las derivaciones hacia los Cuadros Secundarios (CS).

A continuación, se analizará más en detalle cada parte de la instalación, no obstante, en el capítulo 1, Figura 1, se puede ver un esquema de la instalación.

## 5.3 Previsión de Cargas

Para poder dimensionar mejor la instalación, las cargas que tenemos que alimentar son las indicadas en la Tabla 10.

Cada cargador ofrece una potencia de entrada de 62.5 kVA, se sabe que el factor de potencia es igual a 0.95 según datos de la línea, por lo que la potencia activa consumida por cargador es de 59.4 kW y el número total de cargadores 8, debido a que la potencia total que tenemos es de 598.5 kW, por lo que para no sobredimensionar la instalación se decide poner ese número de cargadores, para poder dotar a la instalación de más derivaciones como el área de servicio, o la iluminación exterior.

**Tabla 10. Potencias de la instalación**

Cargadores de la Electrolinera	475.2 kW
Área de Servicio	20 kW
Iluminación exterior	2 kW
Total	497.2 kW

El transformador elegido es de 630 kVA, que nos aporta una potencia activa de 598.5 kW<sup>1</sup>, y la potencia total de nuestra instalación es 497.2 kW, por lo que tenemos un margen de reserva para futuras ampliaciones en la instalación.

<sup>1</sup> 630 kVA por 0.95 que el factor de potencia.

## 5.4 Red subterránea de Media Tensión

La compañía suministradora de energía es Iberdrola que nos facilita las características mostradas en la Tabla 11.

**Tabla 11. Características de la red de alimentación de la compañía**

<b>Compañía</b>	IBERDROLA
<b>Potencia de cortocircuito</b>	350 MVA
<b>Tensión nominal</b>	20 kV
<b>Tensión más elevada de la red</b>	24 kV
<b>Frecuencia</b>	50 Herzios
<b>Tiempo máximo de desconexión</b>	0.4 seg.
<b>Conexión del neutro</b>	Aislado
<b>Protección</b>	50 - 51 - 67N

La acometida de la instalación es una línea que comienza en un entronque aéreo-subterráneo, y tiene una longitud de unos 110m. entrando a las celdas de alta tensión y dando suministro al centro de transformación.

Dicho punto de entronque, se caracteriza por estar a una tensión de suministro de 20 kV y a una frecuencia de 50 Hz.

### 5.4.1 Categoría de clasificación de la línea eléctrica

Al ser una línea de 20 kV, a una frecuencia de 50 Hz, la categoría a la que pertenece la instalación según Reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión, es a tercera categoría<sup>2</sup>

### 5.4.2 Características del conductor

El cable utilizado es el indicado en la Tabla 12, seleccionado según normativa NI 56.43.01, [16], que establece la utilización de cables de aislamiento de dieléctrico seco, y se caracteriza por:

---

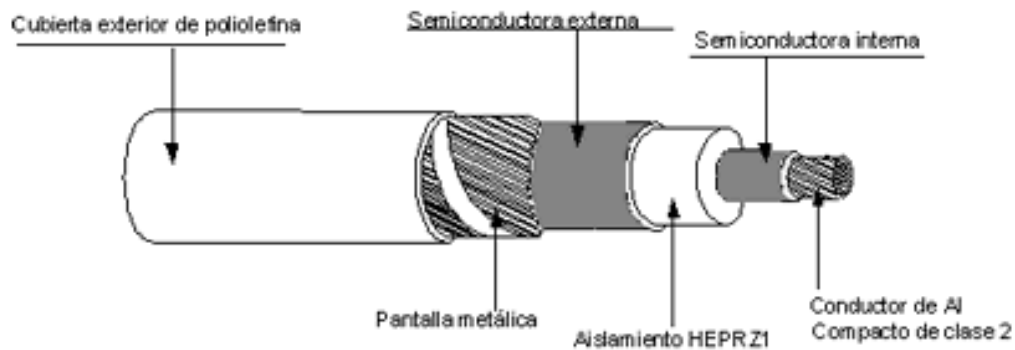
<sup>2</sup> Tensión comprendida entre 30 kV y 1 kV

- Conductor: Aluminio compacto sección circular, clase 2 UNE 21-022
- Pantalla: Capa de mezcla semiconductor aplicada por extrusión
- Aislamiento: Mezcla a base de etileno propileno de alto modulo (HEPR)
- Pantalla sobre el aislamiento: Una capa de mezcla semiconductor pelable no metálica aplicada por extrusión, asociada a una corona de alambre y contra espira de cobre
- Cubierta: Compuesto termoplástico a base de poliolefina y sin contenido de componentes clorados y otros contaminantes
- Tipo: ver Tabla 12

**Tabla 12. Conductor de la línea de Media Tensión.**

Tipo Constructivo	Tensión nominal	Sección conductor	Sección pantalla
HEPRZ	12/20 kV	240 mm <sup>2</sup>	16 mm <sup>2</sup>

En la Figura 14, se puede apreciar un esquema del tipo de cable seleccionado con cada una de sus partes.



**Figura 14. Partes del conductor HEPRZ1 Al**

Fuente: *Normativa Iberdrola*

Otras características importantes acerca del conductor HEPRZ1, se detallan en la Tabla 13.

**Tabla 13. Características específicas del conductor HEPRZ1**

<b>Resistencia máxima a 105 °C <math>\Omega</math>/Km</b>	0.169
<b>Reactancia máxima por fase <math>\Omega</math>/Km</b>	0.105
<b>Capacidad <math>\mu</math>F/Km</b>	0.453

La temperatura máxima en servicio permanente, para el conductor HEPRZ1, es de 105 ° C y la temperatura máxima en cortocircuito para un tiempo inferior a 5seg. es de 250 ° C.

#### **5.4.2.1 Intensidades admisibles por el conductor**

Las intensidades admisibles por el conductor dependen de la temperatura máxima que el aislante puede soportar sin alterar sus propiedades, y las condiciones de las que depende nuestra instalación. Las Intensidad máxima admisible del conductor se puede ver en la Tabla 14.

Las condiciones de nuestra instalación según la Normativa NI 56.43.01[16] son las siguientes:

- Instalación bajo tubo a un metro de profundidad
- Cables con aislamiento seco
- Resistividad del terreno 1.5 k.m/W
- Temperatura media del terreno 25 °C

**Tabla 14. Intensidad máxima del conductor bajo las condiciones de trabajo**

<b>Tensión nominal (kV)</b>	<b>Sección nominal de los conductores (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Intensidad (A)</b>
12/20	240	345





### Intensidades máximas de cortocircuitos en los conductores

La intensidad máxima de cortocircuito según la compañía distribuidora, según Norma NI 56.43.01[16], se puede resumir en, intensidades de cortocircuito en el conductor, ver Tabla 15, e intensidades de cortocircuito en la pantalla, ver Tabla 16.

**Tabla 15. Intensidades máximas de cortocircuito en los conductores [16]**

Seccion en mm <sup>2</sup>	Duración en segundos								
	0.1	0.2	0.3	05	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
240	67.44	47.76	38.88	30.24	21.36	17.44	15.10	13.51	12.33

**Tabla 16. Intensidades máximas de cortocircuito en las pantallas [16]**

Seccion en mm <sup>2</sup>	Duración en segundos								
	0.1	0.2	0.3	05	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
16	6.08	4.30	3.58	2.87	2.12	1.72	1.59	1.41	1.32

### 5.4.3 Accesorios de la instalación

Los empalmes y terminales serán adecuados a la naturaleza, sección y composición de los conductores, así mismo deben cumplir con las normativas de la compañía, además de preservar las características ambientales.

Los empalmes y terminales vienen regulados por la Norma NI 56.80.02 [16], "accesorios para cables subterráneos de tensiones asignadas 12/20 kV hasta 18/36 kV. Cables con aislamiento seco".

## 5.5 Centro de Seccionamiento

El Centro de Seccionamiento (CS) es el elemento que recibe la acometida de la Compañía eléctrica, en forma de bucle, es decir, con entrada y salida. Desde la salida del CS se alimenta en punta el Centro de Transformación (CT), mediante su respectiva acometida.

El centro de transformación y el centro de seccionamiento son independientes, de tipo intemperie, y formados por edificios prefabricados, según normativa MT 2.00.03, de Iberdrola. Están unidos mediante líneas subterráneas.

### 5.5.1 Centro de Seccionamiento

La ubicación del centro de seccionamiento, es lo más cerca posible del edificio del centro de transformación, para así evitar pérdidas por el uso de conductores demasiado largos.

Todas las celdas deben formar el equipo de apartamiento de alta tensión, deben estar bajo envolventes metálicas con aislamiento integral en SF<sub>6</sub>, para una tensión de hasta 24 kV acorde con las normativas vigentes.

Todo el conjunto de celdas está homologado por la compañía, y permitida su implantación.

Las celdas de entrada, y salida, del CS están equipadas con interruptor-seccionador de corte y aislamiento en SF<sub>6</sub>, mando manual, seccionador de puesta a tierra, conectores especiales para la entrada de la acometida de los cables de la compañía.

El modelo elegido para que cumpla con los requerimientos de la instalación es el conjunto de compactas Gama RM6 de Schneider electric, dentro de un centro de maniobra monobloque 24 kV serie ECS-24, de Schneider. Las características técnicas de los mismos están descritas en ANEXO III y ANEXO IV, respectivamente.

#### 5.5.1.2 Características eléctricas celdas RM6

Las características eléctricas de las celdas RM6 [9], están descritas en la Tabla 17, y como descripción a estas, el poder de corte de la apartamiento será de 400 A eficaces en funciones de línea y de 16 kA en funciones de protección. El poder de cierre de los



interruptores será de 40 kA cresta, y todas las funciones incorporan un seccionador de puesta a tierra de 40 kA cresta de poder de cierre.

**Tabla 17. Características generales celdas RM6**

<b>Tensión asignada</b>	<b>24 kV</b>
<b>Tensión soportada a frecuencia industrial <sup>3</sup></b>	<b>50 kV eficaces</b>
<b>Tensión soportada a impulso tipo rayo</b>	<b>125 V cresta</b>
<b>Intensidad asignada en funciones de línea</b>	<b>400 A</b>
<b>Intensidad asignada en funciones de protección</b>	<b>200 A</b>
<b>Intensidad nominal admisible durante 1 segundo</b>	<b>16 kA eficaces</b>
<b>Valor de cresta de la intensidad nominal admisible<sup>4</sup></b>	<b>40 kA cresta</b>

## 5.6 Centro de transformación

El presente proyecto pretende describir un CT de abonado, tipo exterior intemperie prefabricado bajo envolvente metálica, según recoge la norma NI 50.40.06 y UNE - EN 60298.

Las celdas que forman el CT, son celdas modulares equipadas con aparamenta fija con corte y extinción de arco en SF<sub>6</sub>.

### 5.6.1 Edificio prefabricado

Está regulado según Norma NI 50.40.07 [16], y por las características de diseño, se ha elegido el modelo EHC-4, se Schneider Electric, con la configuración como centro de transformación en punta, y capacidad para albergar:

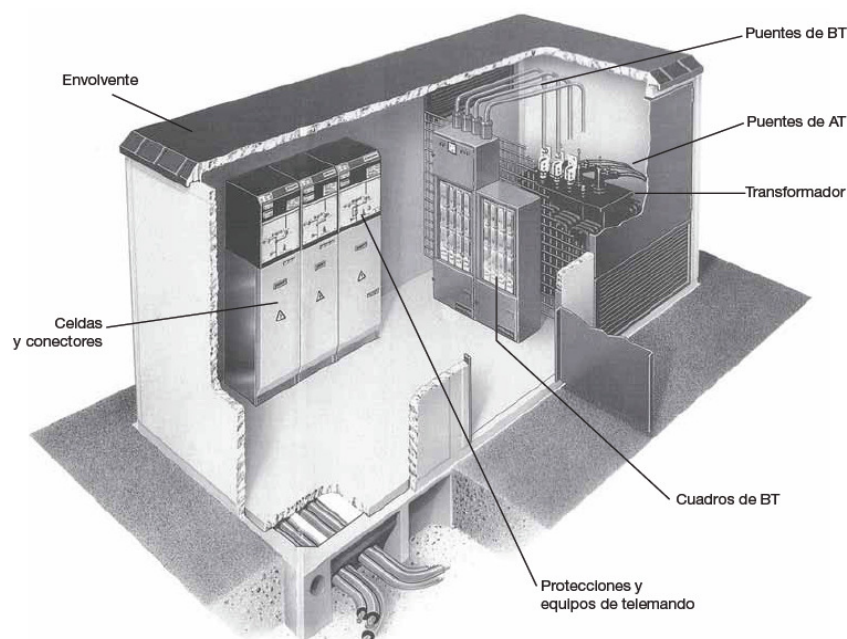
- 1 Celda de Línea
- 1 Celda de protección con fusibles

<sup>3</sup> 50 Hz durante 1 min.

<sup>4</sup> 2.5 veces intensidad nominal admisible de corta duración

- 1 Celda de medida
- 1 Cuadro de contadores
- Caja General de Baja Tensión (CGBT)
- 1 Transformador de potencia menor de 1000 kVA

En la Figura 15, se puede ver el edificio prefabricado elegido, cuyas características técnicas podemos encontrar en ANEXO V.



**Figura 15. Edificio prefabricado tipo EHC-4**

Fuente: *Schneider Electric*

### 5.6.2 Celdas del centro de transformación

Las celdas elegidas para dicho centro de transformación, son las celdas modulares SM6 de Schneider Electric, y en la que en la Tabla 18, se describen las características principales. Ver ANEXO VI.



**Tabla 18. Características generales celdas modulares SM6 [8]**

<b>Tensión asignada</b>	<b>24 kV</b>
<b>Tensión soportada a frecuencia industrial <sup>5</sup></b>	<b>50 kV eficaces</b>
<b>Tensión soportada a impulso tipo rayo</b>	<b>125 V cresta</b>
<b>Intensidad asignada en funciones de línea</b>	<b>400 A</b>
<b>Intensidad asignada en interruptor automático</b>	<b>400 A</b>
<b>Intensidad nominal admisible durante 1 segundo</b>	<b>16 kA eficaces</b>
<b>Valor de cresta de la intensidad nominal admisible<sup>6</sup></b>	<b>40 kA cresta</b>
<b>Grado de protección de la envolvente<sup>7</sup></b>	<b>IP307</b>

Los componentes del sistema de celdas será el siguiente:

- **CELDA DE LÍNEA.**

Celda Schneider Electric de interruptor-seccionador gama SM6, modelo IM, de dimensiones: 375 mm. de anchura, 940 mm. de profundidad, 1.600 mm. de altura, y conteniendo:

- Juego de barras tripolar de 400 A.
- Interruptor-seccionador de corte en SF6 de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA.
- Seccionador de puesta a tierra en SF6.
- Indicadores de presencia de tensión.
- Mando CIT manual.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Bornes para conexión de cable.

<sup>5</sup> 50 Hz durante 1 min.

<sup>6</sup> 2.5 veces intensidad nominal admisible de corta duración

<sup>7</sup> Según UNE 20324-94



Estas celdas estarán preparadas para una conexión de cable seco monofásico de sección máxima de 240 mm<sup>2</sup>.

- **CELDA DE PROTECCIÓN CON INTERRUPTOR AUTOMÁTICO**

Celda Schneider Electric de protección con interruptor automático gama SM6, modelo DM1C, de dimensiones: 750 mm. de anchura, 1.220 mm. de profundidad, 1.600 mm. de altura, y conteniendo:

- Juegos de barras tripolares de 400 A para conexión superior con celdas adyacentes, de 16 kA.
- Seccionador en SF6.
- Mando CS1 manual.
- Interruptor automático de corte en SF6 (hexafluoruro de azufre) tipo Fluarc SFset, tensión de 24 kV, intensidad de 400 A, poder de corte de 16 kA, con bobina de apertura a emisión de tensión 220 V c.a., 50 Hz.
- Mando RI de actuación manual.
- 3 captadores de intensidad modelo CRa para la alimentación del relé VIP 300P.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Seccionador de puesta a tierra.
- Unidad de control VIP 300P, sin ninguna alimentación auxiliar, constituida por un relé electrónico y un disparador Mitop instalados en el bloque de mando del disyuntor, y unos transformadores o captadores de intensidad, montados en la toma inferior del polo.

Sus funciones serán la protección contra sobrecargas y cortocircuitos (50-51).



- Enclavamiento por cerradura tipo E24 impidiendo el cierre del seccionador de puesta a tierra y el acceso al compartimento inferior de la celda en tanto que el disyuntor general B.T. no esté abierto y enclavado. Dicho enclavamiento impedirá además el acceso al transformador si el seccionador de puesta a tierra de la celda DM1C no se ha cerrado previamente.

- **CELDA DE MEDIDA.**

Celda Schneider Electric de medida de tensión e intensidad con entrada y salida inferior por cable gama SM6, modelo GBC2C, de dimensiones: 750 mm. de anchura, 1.038 mm. de profundidad, 1.600 mm. de altura, y conteniendo:

- Juegos de barras tripolar de 400 A, 24 kV y 16 kA.
- Entrada y salida por cable seco.
- Transformadores de intensidad de relación 50-100/5A, 10VA CL. 0,5 S,  $I_{th}=80I_n$  y aislamiento 24 Kv según compañía.
- Transformadores de tensión según compañía, bipolares, modelo de alta seguridad de relación 22.000: $\sqrt{3}/110$ :-  $\sqrt{3}/110$ :3, 25VA, CL 0,2, 3P, potencias no simultáneas, contrato mínimo de 374 y máximo de 1.993 kW,  $F_t=1.9 U_n$  y aislamiento 24 kV. El segundo secundario tendrá las características adecuadas para conectar una resistencia de contra ferro-resonancia (50 ohm/200W).

### 5.6.3 Transformador de potencia

Es una reductora de tensión, siendo la tensión entre fases a la entrada de 20 kV y la tensión a la salida de 420 V entre fases y 242 V entre fase y neutro, según:

- UNE 21301:1991 (CEI 38:1983 modificada)
- UNE 21538 (96)

El transformador pertenece a la gama de transformadores en baño de aceite gama integral hasta 24 kV, de Schneider Electric, cuyas características se pueden ver en la Figura 16.

Potencia asignada (kVA)		50	100	160	250	400	630	800	1.000	1.250	1.600	2.000	2.500	
Tensión primaria asignada		de 6 kV hasta límite máximo de 24 kV incluida regulación												
Tensión secundaria B2		420 V												
Pérdidas (W)	en vacío	145	260	375	530	750	1.030	1.200	1.400	1.730	2.200	2.640	3.200	
	por carga a 75 °C	1.100	1.750	2.350	3.250	4.600	6.500	8.340	10.500	13.210	17.000	21.220	26.500	
Tensión de cortocircuito (%)		4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6	
Caída de tensión a plena carga	cos φ = 1	2,26	1,81	1,54	1,37	1,22	1,10	1,21	1,22	1,23	1,23	1,23	1,23	
	cos φ = 0,8	3,77	3,57	3,43	3,33	3,25	3,18	4,46	4,47	4,48	4,48	4,48	4,47	
Rendimiento	carga 100%	cos φ = 1	97,55	98,03	98,33	98,51	98,68	98,82	98,82	98,82	98,82	98,81	98,82	98,83
		cos φ = 0,8	96,98	97,55	97,92	98,15	98,36	98,53	98,53	98,53	98,53	98,52	98,53	98,54
	carga 75%	cos φ = 1	98,00	98,37	98,61	98,76	98,90	99,02	99,03	99,04	99,03	99,03	99,04	99,04
		cos φ = 0,8	97,52	97,97	98,26	98,45	98,63	98,78	98,79	98,80	98,79	98,79	98,80	98,81
	carga 50%	cos φ = 1	98,35	98,62	98,81	98,94	99,06	99,16	99,19	99,20	99,20	99,20	99,21	99,22
		cos φ = 0,8	97,94	98,29	98,52	98,68	98,83	98,96	98,98	99,00	99,00	99,00	99,02	99,03
	carga 25%	cos φ = 1	98,32	98,54	98,71	98,84	98,97	99,10	99,15	99,18	99,19	99,19	99,21	99,23
		cos φ = 0,8	97,91	98,19	98,40	98,55	98,72	98,87	98,94	98,98	98,99	98,99	99,02	99,04
	Ruido dB (A)	potencia acústica Lwa	50	54	57	60	63	65	66	68	69	71	73	76

**Figura 16. Características transformadores en baño de aceite de hasta 24 kV**

Fuente: *Schneider Electric*

El transformador a instalar tendrá el neutro accesible en el lado de BT, posee una refrigeración natural de tipo ONAN<sup>8</sup>, con una potencia de 630 kVA y nivel de aislamiento hasta 24 kV, ver Figura 17.

La gama de transformadores en baño de aceite de Schneider Electric, tiene la posibilidad de en el lado de BT, tener cuatro o siete bornes, es decir, tener una configuración de 3 fases + neutro, o 3 fases + 3 fases + neutro, para así poder repartir la potencia de salida. En el caso de estudio de este proyecto se decide la utilización de 3 fases + neutro o cuatro bornes de salida.



**Figura 17. Transformador tipo caseta de hasta 1000 kVA de Schneider Electric**

<sup>8</sup> Oil Natural Air Natural





- Características técnicas del transformador, ver

**Tabla 19. Características del transformador de baño en aceite elegido**

Potencia nominal	630 kVA
Tensión nominal primaria	20 kV
Tensión nominal secundaria	420 V
Perdidas en el hierro	1030 W
Perdidas en el cobre	6500 W
Tensión de cortocircuito	4 %
Grupo de conexión	Dyn11

#### 5.6.3.1 Conexión en el lado de Alta Tensión

Juego de puentes de cables de AT unipolares de aislamiento seco tipo RHZ1, nivel de aislamiento 12/20 kV, con sección 95 mm<sup>2</sup> de Aluminio y sus correspondientes elementos de conexión.

#### 5.6.3.2 Conexión el lado de Baja Tensión

Juego de puentes de cables de BT unipolares de aislamiento seco tipo RV, nivel de aislamiento 0.6/1 kV, con sección 240 mm<sup>2</sup> de Cobre y configuración 3 x fase + 2 x neutro según indica la Normativa, NI 50.40.06.

#### 5.6.4 Cuadro de Baja Tensión

En el estudio de nuestro proyecto contamos con varios cuadros de baja tensión que podemos clasificar en:

- Cuadro General de Baja Tensión o CGBT
- Cuadros Secundarios, que a su vez se dividen en:
  - Cuadro Instalación electrolinera
  - Cuadro Área de Servicio
  - Cuadro Iluminación Exterior

El CGBT posee las siguientes características, que son:

- Interruptor manual de corte en carga de 1250 A
- 4 Salidas formadas por bases portafusible de 400 A y una salida formada por base portafusible de 1000 A
- Interruptor diferencial bipolar de 25 A, 30 mA
- Base portafusible de 32 A y cartucho portafusible de 20 A
- Base enchufe bipolar con toma de tierra de 16 A/ 250 V
- Bornes alimentación a alumbrado y pequeño material

Las características técnicas de servicio del cuadro se aprecian en la Tabla 20

**Tabla 20. Características del cuadro de Baja Tensión**

Tensión asignada	420 V
Nivel de aislamiento Frecuencia industrial (1 min)	
A tierra	10 kV
Entre fases	2.5 kV
Impulso tipo rayo	
A tierra	20 kV
Entre fases	

Medidas de la CGBT:

Altura	580 mm
Anchura	300 m
Fondo	1820 mm

Deben cumplir con las Normas, UNE-EN 60.439-1[15], tendrás grado de inflamabilidad según UNE-EN 60.439-3 [15], una vez instaladas tendrán un grado de protección IP43 según UNE 20.234 [15] e IK08 según UNE-EN 50.102 [15] y serán precintables.



#### **5.6.4.1 Cuadros Secundarios de Baja Tensión**

Son los cuadros pertenecientes a la salida que va al Área de servicio y la iluminación exterior, y no se dimensionan en detalle por no haberse planificado en el estudio de este proyecto.

#### **5.6.4.2 Medida de la energía eléctrica**

Comúnmente conocido como cuadro de contadores, consta de tres contadores con tarificador electrónico multifunción, un registrador electrónico y una regleta de verificación. Todo ello va en el interior de un armario homologado para este tipo de equipos, conectado al secundario de los transformadores de intensidad y tensión de la celda de medida.

Se instalan tres contadores con el fin de tener tres clientes o tres cobros distintos, y que cada uno por independiente, tarifique y pague en función de su gasto eléctrico.

Los contadores tienen unas características que se resumen en:

- Contador electrónico de energía eléctrica clase 0.2 con medida de
  - Activa : Bidireccional
  - Reactiva : Dos cuadrantes
- Registrador local de medidas con capacidad de lectura directa de la memoria del contador. Registro de curvas de carga horario y cuarto-horaria
- Modem para comunicación remota
- Regleta de comprobación homologada
- Elementos de Conexión
- Equipos de protección necesarios

### 5.6.5 Puesta a tierra

El presente proyecto se define con datos de resistividad del terreno y espacios disponibles, para ubicar los electrodos de puesta a tierra, por tanto, se darán una serie de supuestos y normas UNESA para poder acotar mejor los resultados obtenidos.

El reglamento MIE-RAT-13, [13] nos indica todos los elementos que deben ir conectados a tierra, tanto de protección como de servicio, interconectándose para formar una única instalación de puesta a tierra. En todos los caso deben cumplir las condiciones de tensiones de aso y tensiones de contacto definidas en dicho apartado de MIE- RAT- 13.

Hay que distinguir entre:

- **Tierra de protección**

Se conectaran a ella todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales de todos los aparatos y equipos instalados en el centro de transformación, como envolventes de las celdas y cuadros de BT, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, etc., así como la armadura del edificio, por ser prefabricado.

Se conectaran también las pantallas del cable HEPRZ1, la cuba del transformador, etc.

- **Tierra de servicio**

Con el fin de evitar tensiones peligrosas den BT, debido a faltas en la red de MT, el neutro del sistema de BT se conecta a una toma de tierra independiente del sistema de MT, de tal forma que no exista influencia en la red general de tierra, para lo cual se emplea un cable de cobre aislado.

#### 5.6.5.1 Tomas de tierra

Pueden estar formadas por conductores de cobre desnudos de  $50 \text{ mm}^2$  y enterrados a una profundidad mínima de 0.5 m, según Normativa UNESA.

Desde cualquier toma de tierra, que se establezca, se dispondrá de una prolongación del conductor de tierra hasta una arqueta registrable, en la que se instalara una caja de seccionamiento, medición y borne principal de tierra, y se realizaran las interconexiones de los conductores de protección de tierras correspondientes.



La elección de la toma de tierra se hará, siempre que sea posible, según recomendaciones y tipos regulados por UNESA.

#### **5.6.5.2 Conductores de protección**

- **Centro de seccionamiento**

Para asegurar la protección de personas y cosas, todas las masas metálicas del bloque de celdas, las cuchillas de los seccionadores de puesta a tierra, las mallas de protección de los conductores de AT, quedarán unidas por una red equipotencial de cable de cobre desnudo, que enlazará con el conductores de tierra a la puesta a tierra del CT con secciones mínimas de 50 mm<sup>2</sup>.

- **Centro de Transformación**

Para asegurar la función de protección de personas y cosas, deberán conectarse a tierra todas las partes metálicas de la instalación, que no estén en tensión normalmente, pero que puedan estarlo por averías, descargas atmosféricas o sobretensiones provenientes de la red de AT.

La red de conductores se realizara con conductores desnudos de cobre de 50 mm<sup>2</sup> de sección, directamente grapados en la pared del CT.

Para la función de servicio de la instalación de BT, deben ponerse a tierra el neutro del sistema de BT del transformador, con conductores de protección aislados de 0.6/1 kV en todo su recorrido.

#### **5.6.5.3 Medidas de seguridad**

Para la protección del personal y equipos, según normativa sobre construcción de CT's NI 50.40.06, se debe garantizar que:

- No será posible acceder a las zonas normalmente en tensión, si estas no han sido puestas a tierra. Por ello, el sistema de enclavamientos interno de las celdas de afectar al mando del aparato principal, del seccionador de puesta a tierra y las tapas de acceso de cables.
- Las celdas de entrada y salida serán con aislamiento integral y corte en gas SF<sub>6</sub>, y la conexión entre embarrados será apantalladas, evitando así la pérdida del suministro en los CT interconectados con este.

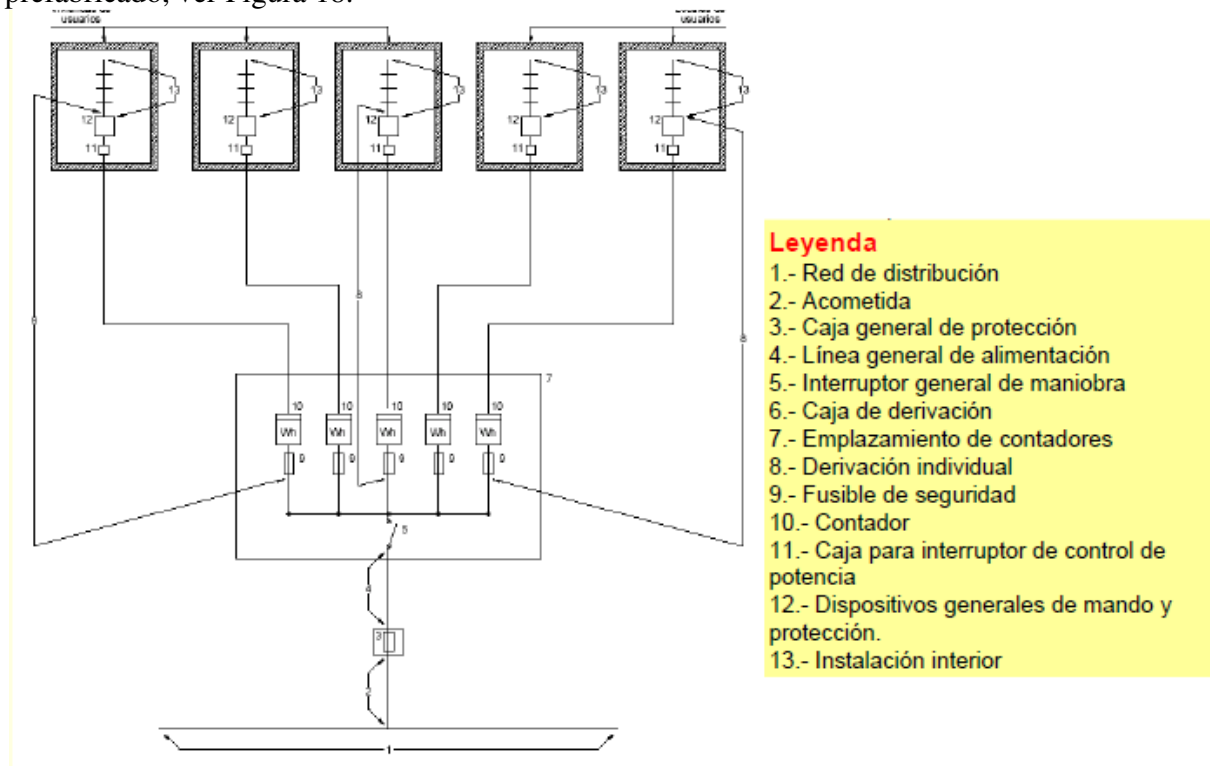


- Los bornes de conexión de cables y fusibles serán accesibles para operarios, de forma que en operaciones de mantenimiento, la posición de trabajo no carezca de visibilidad sobre estas zonas.
- Los mandos de la aparamenta estarán situados frente al operario en el momento de realizar la operación, y el diseño protegerá al operario de la salida de gases en caso de un arco interno.
- El diseño de las celdas impedirá la incidencia de los gases de escape, sobre los cables de MT y BT.

## 5.7 Red de distribución en Baja Tensión

La tensión nominal de trabajo de la red de distribución en baja tensión es 400 V en trifásica y 230 V en monofásico.

El sistema que utiliza las instalaciones de enlace, viene regulado según ITC-BT-12, [10]. Se caracteriza por tener una centralización de contadores, en el caso de estudio de este proyecto, incluidos en el CT, ya que hay capacidad de ubicación en el interior del edificio prefabricado, ver Figura 18.



**Figura 18. Esquema para varios usuarios con contadores en forma centralizada**

El cuadro de contadores se situara en armario, y el grado de protección mínimo de acuerdo con norma UNE 20.324 y UNE-EN 50.102, según ITC-BT-16[10], para instalaciones de tipo interior es IP40 e IK 09.

Los cables serán de una tensión asignada de 450/750 V, de conductores de Cobre de clase 2 según, UNE 21.022, según ITC-BT-16, con aislamiento seco, y se identificara por los colores establecidos en la ITC-MIE - BT 26.

Al ser una instalación que posee un CT propio, por definición en ITC-BT-19, [10], las caídas de tensión máximas admisibles serán de 4.5 % para alumbrado y 6.5% para los demás uso.

La red de distribución, en el estudio de este proyecto, consiste en cinco salidas de la CGBT, hacia los distintos cuadros secundarios o las respectivas instalaciones, las líneas se pueden ver en Tabla 21.

**Tabla 21. Líneas del cuadro principal**

LÍNEA	TRAMO	POTENCIA (kW)	LONGITUD (m)
Línea de distribución	Interruptor trafo-armario distribución	598.5	1
Línea 1	CGBT-Línea General	497.2	1
Línea 2	CGBT-CS Cargadores	475.2	10
Línea 3	CGBT- Iluminación Exterior	2	10
Línea 4	CGBT-CS Área servicio	20	100
Línea 5	CS Cargadores-Cargador	59.4	Punto 6.3.3

- **Cuadros Secundarios**

Habrà un cuadro secundario para cada derivación individual, que irá en armario sobre suelo o sobre pared, en función del tipo de instalación hacia la que se dirija, y cumplirán con la normativa impuesta en ITC-BT-15 e ITC-BT-16, [10].

Desde el Cuadro Secundario Cargadores, sale la instalación hacia los 8 cargadores, de la electrolinera para la recarga rápida del VE, como se verá en el siguiente capítulo destinado al cálculo justificado de la instalación eléctrica.

Aunque no se ha previsto el cálculo técnico de la instalación del Área de servicio, y la Instalación de iluminación exterior, se dejan calculadas las potencias aproximadas de uso para un futuro desarrollo de estas instalaciones.





### 5.7.1 Líneas Principales

Estas líneas son las que enlazarán los bornes de BT del transformador con el CGBT.

Para la conexión Transformador-Cuadro General serán en cable de cobre con aislamiento en polietileno reticulado, no propagador del incendio, bajo en la emisión de humos, correspondiendo con la designación RZ1-0,6/1 kV-K(AS).

Las secciones de los conductores serán capaces de soportar sin sobrecalentamiento la potencia instalada, la potencia de cortocircuito sin superar los 250 °C en el tiempo de corte del interruptor automático que le protege, y no superar caídas de tensión que sobrepasen los permitidos por el Reglamento Vigente.

La instalación será al aire sobre bandeja ventilada o canalizados en tubos grapados al paramento por encima de falsos techos. En el caso de utilizar bandeja, irán clasificados por ternas con el neutro al centro y separadas las ternas entre sí dos veces el diámetro del cable unipolar que lo forma. Las bandejas sólo llevarán una capa de cables y estos irán atados a ellas (abrazados por ternas) con bridas de poliamida. Las bandejas tendrán continuidad eléctrica mediante el empleo de piezas de conexión del fabricante.

Las bandejas metálicas irán puestas a tierra con una sección mínima de conductor de 16 mm<sup>2</sup> con aislamiento amarillo-verde utilizándose piezas especiales del fabricante para esta unión.

Para la conexión de los cables a los bornes de interruptores, se utilizarán terminales metálicos, que se unirán a los cables por presión mediante útil hexagonal que garantice una perfecta conexión sin reducción aparente de la sección.

En el interior de los cuadros, estos cables se fijarán al bastidor de los mismos a fin de liberar a las conexiones de tensiones mecánicas.

Los circuitos quedarán identificados mediante etiquetas donde vendrá indicado su destino, cuadro de procedencia, interruptor que le protege y características propias del cable.



### 5.7.2 Líneas Secundarias

Líneas secundarias Estarán destinadas a enlazar los interruptores automáticos de salida del CGBT con los cuadros secundarios de zona (CS) y tomas eléctricas (TE).

Los cables previstos serán en cobre, y su instalación será enterrada y puesta a tierra hasta los Cuadros Secundarios (CS).

El cálculo de las secciones de los conductores se realizará para soportar sin sobrecalentamientos:

- La máxima intensidad solicitada por la carga instalada.
- La intensidad de cortocircuito calculada en el punto de partida del circuito.

Su realización será en conductor de cobre con aislamiento en polietileno reticulado, auto-extinguible, bajo en la emisión de humos, correspondiendo con la designación R Z1-0,6/1 kV-K (AS).



# Capítulo 6

## Cálculos eléctricos justificados

## 6.1 Cálculos de la línea subterránea

Las características de la red de media tensión de la compañía Iberdrola vienen descritas en la Tabla 11. La línea fue diseñada por la compañía y en este punto se comprueba que cumple las condiciones apropiadas para el correcto funcionamiento de la instalación.

### 6.1.1 Intensidad nominal de diseño

Es la intensidad máxima que circula por la red de distribución de la compañía y se calcula según (1)

$$I_N = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} \quad (1)$$

Siendo:

- $I_N$ : Intensidad nominal máxima de la red
- $P$ : Potencia activa en kW
- $U$ : Tensión de la red en V
- $\cos \varphi$ : Factor de potencia de la red

Consideramos la potencia aparente del transformador es de 630 kVA, y que el factor de potencia es  $\cos \varphi = 0.95$ , por lo que obtendremos una potencia total tal como indica (2)

$$P = S \cdot \cos \varphi \quad (2)$$

Obteniéndose,  $P = 630 \cdot 0.95 = 598.5 \text{ kW}$ , por lo que sabiendo que la tensión de la red es de 20 kV y sustituyendo en (1) la intensidad nominal para el diseño de este proyecto tendrá un valor de:

$$I_N = \frac{598.5}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 0.95} = 18.19 \text{ A}$$



$$I_N = \frac{598,5}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 0,95} = 18,18 A$$

### 6.1.2 Densidad máxima de corriente

El conductor HEPRZ1, que lleva la línea subterránea, soporta una intensidad máxima de fábrica de  $I_{LSmax} = 345 A$ , con una sección de  $S = 240 \text{ mm}^2$ .

La densidad máxima de corriente viene definida por (3)

$$\sigma = \frac{I_{LSmax}}{S} \quad (3)$$

Dando valores queda:

$$\sigma = \frac{I_{LSmax}}{S} = \frac{345}{240} = 1.44 \text{ A/mm}^2$$

### 6.1.3 Resistencia de la línea

El valor de la resistencia del conductor HEPRZ1, viene establecida en la Tabla 13, y tiene un valor de  $R_{LS} = 0.169 \frac{\Omega}{Km}$ , y la longitud de la línea subterránea es de  $l_{LS} = 0.11 Km$ .

La resistencia total de la línea subterránea de media tensión viene definida por (4)

$$R_{T-LS} = R_{LS} \cdot l_{LS} \quad (4)$$

Sustituyendo valores nos queda:

$$R_{T-LS} = R_{LS} \cdot l_{LS} = 0.169 \cdot 0.11 = 0.01859 \Omega$$

### 6.1.4 Reactancia aparente de la línea

Según características del fabricante, definidas en la Tabla 13, el conductor HEPRZ1 tiene una reactancia aparente de  $X_{LS} = 0.105 \frac{\Omega}{Km}$ , y su reactancia total viene definida por (5)

$$X_{T-LS} = X_{LS} \cdot l_{LS} \quad (5)$$

Donde sustituyendo valores queda:

$$X_{T-LS} = X_{LS} \cdot l_{LS} = 0.105 \cdot 0.11 = 0.00525 \Omega$$

### 6.1.5 Caída de tensión

La caída de tensión en el tramo subterráneo, se calcula en función de la impedancia total de la línea, es decir, depende de su resistencia y su reactancia, y viene definida por la fórmula (6)

$$\Delta U_{LS} = \sqrt{3} \cdot I_N \cdot L_{LS} \cdot (R_{LS} \cdot \cos \varphi + X_{LS} \cdot \sin \varphi) \quad (6)$$

Donde:

- $I_N$ : Intensidad nominal máxima de la red.
- $\Delta U_{LS}$ : Caída de tensión en el tramo subterráneo en V.
- $R_{LS}$ : Resistencia por fase de la línea subterránea en  $\frac{\Omega}{Km}$ .
- $l_{LS}$ : Longitud de la línea subterránea en m.
- $X_{LS}$ : Reactancia por fase en  $\frac{\Omega}{Km}$ .
- $\varphi$ : Angulo de desfase en grados .

Donde:

$$\cos \varphi = 0.95 \Rightarrow \varphi = 18.19^\circ$$



Dando valores queda:

$$\Delta U_{LS} = \sqrt{3} \cdot 18.18 \cdot 0.11 \cdot (0.169 \cdot 0.95 + 0.105 \cdot 0.31) = 0.705V$$

- **Caída de tensión en tanto por ciento (%)**

Según el tipo de instalación no podrá sobrepasar el 5 %. La ecuación viene definida por (7)

$$\Delta U_{LS} \% = \frac{P \cdot L_{LS}}{10 \cdot U_1^2 \cdot \cos \varphi} \cdot (R_{LS} \cdot \cos \varphi + X_{LS} \cdot \sin \varphi) \quad (7)$$

Donde:

- $U_1$  : Tensión compuesta de la de red subterránea en kV.
- $\Delta U_{LS} \%$  : Caída de tensión en el tramo subterráneo en %.
- $R_{LS}$  : Resistencia por fase de la línea subterránea en  $\frac{\Omega}{Km}$ .
- $l_{LS}$  : Longitud de la línea subterránea en m.
- $X_{LS}$  : Reactancia por fase en  $\frac{\Omega}{Km}$ .
- $\varphi$  : Angulo de desfase en grados .

Sustituyendo valores queda:

$$\Delta U_{LS} \% = \frac{598.5 \cdot 0.11}{10 \cdot 20^2 \cdot 0.95} \cdot (0.169 \cdot 0.95 + 0.105 \cdot 0.31) = 0.0035 \%$$

Que como comprobamos es menor al 5% que se exigía.

## 6.1.6 Potencia máxima a transportar

La potencia máxima que puede transportar la línea está limitada a dos condiciones que son:

- La intensidad máxima admisible que puede llegar a soportar el conductor.
- La caída de tensión producida en la línea. Está dependerá de la longitud del tramo, y no debe exceder del 5%.

### 6.1.6.1 Potencia máxima a transportar en función de la intensidad máxima admisible

Para el conductor HEPRZ1, la potencia máxima a transportar está limitada por la intensidad máxima admisible.

La potencia viene definida en la ecuación (8)

$$P_{LS \max} = \sqrt{3} \cdot U_1 \cdot I_{LS \max} \cdot \cos \varphi \quad (8)$$

Donde:

- $U_1$ : Tensión compuesta de la de red subterránea en kV.
- $P_{LS \max}$ : Potencia máxima a transportar por el conductor HEPRZ1 en kW.
- $I_{LS}$ : Intensidad máxima admisible por el conductor HEPRZ1 en A.
- $\cos \varphi$ : factor de potencia.

Recordando que la potencia transportada nos la daba la ecuación (2) y tiene un valor de  $P = 598.5$  kW.

Sustituyendo valores en (8), queda:

$$P_{LS \max} = \sqrt{3} \cdot 20 \cdot 345 \cdot 0.95 = 11353.59 \text{ kW}$$





Como se puede apreciar, para este caso, la potencia que permite transportar el conductor subterráneo es bastante superior a la potencia demandada en este proyecto.

### 6.1.6.2 Potencia máxima a transportar en función de la caída de tensión

La caída de tensión máxima para la compañía es de 5%, y al igual que en el apartado anterior la caída de tensión depende de la longitud y en este caso de la caída de tensión producida, y está definida por la ecuación (9)

$$P_{LS\max} = \frac{10 \cdot U_1^2}{(R_{LS} \cdot \cos \varphi + X_{LS} \cdot \sin \varphi) \cdot L_{LS\max s}} \cdot \Delta U_{LS} \% \quad (9)$$

Donde:

- $U_1$  : Tensión compuesta de la de red subterránea en kV.
- $P_{LS\max}$  : Potencia máxima a transportar por el conductor HEPRZ1 en kW.
- $R_{LS}$  : Resistencia por fase de la línea subterránea en  $\frac{\Omega}{Km}$ .
- $X_{LS}$  : Reactancia por fase en  $\frac{\Omega}{Km}$ .
- $\Delta U_{LS} \%$  : Caída de tensión en el tramo subterráneo en %.

Dando valores a la ecuación (9) obtenemos:

$$P_{LS\max} = \frac{10 \cdot 20^2}{(0.169 \cdot 0.95 + 0.105 \cdot 0.31) \cdot 0.11} \cdot 5 = 941.575 \text{ kW}$$

Que también es mayor que la demandada por nuestra instalación que es la potencia calculada en la ecuación (2)

## 6.1.7 Pérdidas de potencia

Las pérdidas de potencia en una línea eléctrica se deben al efecto Joule que se expresan con la siguiente fórmula.

$$\Delta P = 3 \cdot R \cdot L \cdot I^2$$

Para el caso del conductor HEPRZ1, la pérdida viene definida por la fórmula (10)

$$\Delta P_{LS} = 3 \cdot R_{LS} \cdot L_{LS} \cdot I_n^2 \quad (10)$$

Donde:

- $L_{LS}$  : Longitud de la línea subterránea en Km.
- $R_{LS}$  : Resistencia por fase en  $\frac{\Omega}{Km}$ .
- $\Delta P_{LS}$ : Pérdida de potencia en la línea subterránea expresada en W.
- $I_n$  : Intensidad nominal de la línea en A.

Dando valores a la ecuación (10) queda:

$$\Delta P_{LS} = 3 \cdot 0.169 \cdot 0.11 \cdot 18.18^2 = 18.43 \text{ W}$$

Calculada en forma de % viene expresada por la fórmula (11)

$$\Delta P_{LS} \% = \frac{P \cdot L_{LS} \cdot R_{LS}}{10 \cdot U_1^2 \cdot \cos^2 \varphi} \quad (11)$$

Donde:

- $L_{LS}$  : Longitud de la línea subterránea en Km.
- $R_{LS}$  : Resistencia por fase en  $\frac{\Omega}{Km}$ .
- $P$  : Potencia del transformador en W .
- $\cos \varphi$ : Factor de potencia.
- $U_1$  : Tensión compuesta de la de red subterránea en kV.
- $\Delta P_{LS} \%$  : Pérdida de potencia de la línea expresada en %.



Sustituyendo valores queda:

$$\Delta P_{LS} \% = \frac{598.5 \cdot 0.11 \cdot 0.169}{10 \cdot 20^2 \cdot 0.95^2} = 0.0038 \%$$

## 6.2 Cálculos del centro de transformación

La instalación del centro de transformación, está dotada de un transformador de 630 kVA, cuya construcción está condicionada por la normativa de la compañía, y cuyas características vienen estipuladas en la Tabla 22.

La potencia total de la instalación es de 630 kVA, suministrada mediante un transformador de baño en aceite, con una tensión de cortocircuito porcentual del 4% ( $V_{cc}$ ), y unas pérdidas totales en el cobre y en el hierro, de 7.53 kW, siendo la tensión en el lado de Baja Tensión 400/230 V.

**Tabla 22. Características de la acometida del centro de transformación**

<b>Compañía</b>	IBERDROLA
<b>Potencia de cortocircuito</b>	350 MVA
<b>Tensión nominal</b>	20 kV
<b>Tensión más elevada de la red</b>	24 kV
<b>Frecuencia</b>	50 Herzios
<b>Intensidad máxima de defecto</b>	500 A

### 6.2.1 Intensidad de Media Tensión

La intensidad en el primario de un transformador trifásico viene establecida por la ecuación (12)

$$I_{M.T} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_p} \quad (12)$$

Siendo:

- S: Potencia del transformador en kVA.
- $U_p$  : Tensión compuesta primaria en kV = 20 kV.
- $I_{M.T}$  : Intensidad primaria en Amperios.

Dando valores queda:

$$I_{M.T} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 20} = 18.19 A$$

### 6.2.2 Intensidad de Baja Tensión

La intensidad en el primario de un transformador trifásico viene establecida por la ecuación (13)

$$I_{B.T} = \frac{S - W_{FE} - W_{CU}}{\sqrt{3} \cdot U_s} \quad (13)$$

Siendo:

- S: Potencia del transformador en kVA.
- $U_s$  : Tensión compuesta primaria en 0.4 kV.
- $I_{B.T}$  : Intensidad primaria en Amperios.
- $W_{FE}$  : Perdidas en el hierro definidas en Tabla 19 en kW.
- $W_{CU}$  : Perdidas en el cobre definidas en Tabla 19 en kW.



Sustituyendo valores obtenemos:

$$I_{B.T} = \frac{630 - 1.030 - 6.5}{\sqrt{3} \cdot 0.4} = 898.46 \text{ A}$$

## 6.2.3 Intensidad de cortocircuito

Para el cálculo de las intensidades que origina un cortocircuito se tendrá en cuenta la potencia de cortocircuito de la red e MT, valor que nos facilita la compañía, ver Tabla 22.

### 6.2.3.1 Cálculo de la corriente de cortocircuito en MT

Para la potencia de cortocircuito de la red de Media Tensión facilitada por la Compañía Suministradora de  $S_{CC} = 350 \text{ MVA}$  se tiene. La corriente de cortocircuito en el lado de MT viene definida por la ecuación (14)

$$I_{CC_p} = \frac{S_{CC}}{\sqrt{3} \cdot U_p} \quad (14)$$

Donde:

- $S_{CC}$ : Potencia de cortocircuito de la Red de Alta Tensión en MVA.
- $U_p$ : Tensión compuesta Primaria en kV.
- $I_{CC_p}$ : Corriente de cortocircuito trifásico en Alta Tensión, en kA eficaces.

Sustituyendo valores obtenemos:

$$I_{CC_p} = \frac{350}{\sqrt{3} \cdot 20} = 10.10 \text{ kA}$$

### 6.2.3.2 Cálculo de la corriente de cortocircuito en BT

La corriente de cortocircuito en el lado de Baja Tensión, o secundario del transformador, viene definida por la ecuación (15).

$$I_{CC_s} = \frac{100 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot E_{CC} \cdot U_s} \quad (15)$$

Donde:

- P : Potencia del transformador en W .
- $U_s$  : Tensión compuesta primaria en 0.4 kV.
- $E_{CC}$  : Tensión de cortocircuito del transformador definida en Tabla 19 en %.
- $I_{CC_s}$  : Corriente de cortocircuito en el secundario en kA.

Sustituyendo valores obtenemos:

$$I_{CC_s} = \frac{100 \cdot 630}{\sqrt{3} \cdot 4 \cdot 400} = 22.73 \text{ kA}$$

### 6.2.4 Dimensionamiento de la Ventilación

Debido a las pérdidas de potencia que sufren los transformadores, hay que dimensionar la ventilación del CT, debido a que las pérdidas de los transformadores se disipan en forma de calor, por lo que es necesaria la renovación del aire para mantener el transformador a una temperatura de trabajo adecuada.

Al tratarse de un edificio prefabricado por Schneider Electric, la ventilación de este ya ha sido sometida a ensayos de homologación para ver que reúne las condiciones necesarias.

### 6.2.5 Acometida desde centro de seccionamiento a centro de transformación

La conexión entre el CS y el CT se efectúa a través de cables unipolares de Aluminio de aislamiento seco RHZ1 12/20 kV de 95 mm<sup>2</sup> de sección.



Por datos del fabricante se sabe que el conductor transportara 18.19 A y que, tiene una sección de 95 mm<sup>2</sup>, la densidad máxima de corriente es de:

$$\delta = \frac{18.19}{95} = 0.191 \text{ A/mm}^2 \quad (16)$$

La densidad de corriente del cable es menos que la densidad máxima de corriente para este tipo de cable.

El Tiempo máximo que estos cables soportaran una sobreintensidad debida a cortocircuito será:

$$t = \left( \frac{116 \cdot S}{I_{cc}} \right)^2 = \left( \frac{116 \cdot 95}{10100} \right)^2 = 1.190 \text{ s} \quad (17)$$

## 6.2.6 Puentes en Media Tensión

Se han previsto unos puentes trifásicos de AT de aislamiento seco RHZ1, 12/20 kV en Aluminio desde la celda de protección del transformador hasta su correspondiente transformador.

Las comprobaciones son las impuestas en las ecuaciones (16) y (17) por lo que no es necesario volverlas a desarrollar.

## 6.2.7 Dimensionado del embarrado

Al ser un centro de transformación prefabricado, el embarrado ha sido sometido a los ensayos pertinentes por parte de la empresa fabricante, en este caso Schneider Electric, por lo que no sería necesario realizar hipótesis sobre el comportamiento de este.

### 6.2.7.1 Comprobación por densidad de corriente

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente máxima nominal sin superar la densidad máxima de corriente del embarrado.

### 6.2.7.2 Comprobación por sollicitación dinámica

La intensidad dinámica de cortocircuito corresponde aproximadamente con 2.5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito del secundario, calculada en el apartado 6.2.3.2, y que puede ser calculada mediante la ecuación (18)

$$I_{CC(DIN)} = 2.5 \cdot I_{CC_S} \quad (18)$$

Dando valores a los parámetros queda:

$$I_{CC(DIN)} = 2.5 \cdot 22.73 = 56.83 \text{ kA}$$

### 6.2.7.3 Comprobación por sollicitación térmica

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo por defecto de un cortocircuito. Esta comprobación se debe realizar mediante un ensayo según normativa en vigor. Según normativa vigente el fabricante debe asegurar que el embarrado debe soportar una intensidad de cortocircuito, cuyo valor debe ser mayor que la intensidad de cortocircuito en el secundario, o la calculada en el 6.2.3.2.

## 6.2.8 Cálculo de la protecciones del centro de transformación

- **Fusibles**

El dimensionado de los fusibles viene establecido por la ecuación (19), (20) y (21)

$$I_b < I_n < I_z \quad (19)$$

Donde:

- $I_b$ : Intensidad nominal de la instalación.
- $I_z$ : Intensidad admisible por el conductor.
- $I_n$ : Intensidad nominal del fusible.

$$I_2 = 1.6 \cdot I_n \quad (20)$$





$$I_2 < 1.45 \cdot I_z \quad (21)$$

Donde:

- $I_2$ : Condición para que el fusible proteja correctamente la instalación.

Dando valores dimensionamos el fusible de Alta Tensión quedando:

$$18.18^1 < I_n < 345^2$$

Por lo que  $I_n = 40 \text{ A}$ , aunque normalmente y según instalaciones de Alta Tensión, la intensidad nominal son de 630 A para soportar correctamente solicitaciones dinámicas de conexión y desconexión del circuito.

Comprobamos si es válido, mediante las ecuaciones (20) y (21), y queda:

$$I_2 = 1.6 \cdot 40 = 64 \text{ A} \\ 64 < 1.45 \cdot 345 \quad ; \quad 64 < 500 \text{ A}$$

Por lo que sí que es válido.

- **Interruptor de Alta Tensión**

Está definido por la ecuación (22)

$$I_b < I_n < I_z \quad (22)$$

Donde:

- $I_b$ : Intensidad nominal de la instalación.
- $I_z$ : Intensidad admisible por el conductor.
- $I_n$ : Intensidad nominal del fusible.

$$18.18^3 < I_n < 345^4$$

---

<sup>1</sup> Según cálculo 6.1.1

<sup>2</sup> Dato fabricante conductor HEPRZ1

<sup>3</sup> Según cálculo 6.1.1

Por lo que  $I_n = 40 \text{ A}$ , aunque normalmente y según instalaciones de Alta Tensión, la intensidad nominal son de 630 A para soportar correctamente solicitaciones dinámicas de conexión y desconexión del circuito.

Las características de las protecciones, fusible e interruptor automático, pueden verse resumidas en la Tabla 23

**Tabla 23. Características protecciones de Alta Tensión**

Protección	Tensión asignada	Intensidad asignada	Poder de corte
Fusible	24 kV	40 A	>20 kA.
Interruptor automático	24 kV	40 A	>20 kA

## 6.3 Cálculo de la instalación de Baja Tensión

La instalación de Baja Tensión se divide en varios apartados, y está regulado por la Normativa REBT [10], según ITC-BT-07.

Las condiciones de las instalaciones son las siguientes y vienen limitadas por el ITC-BT-07, siendo los factores de corrección a aplicar sobre la instalación:

- Temperatura igual a 25° C, Factor de corrección = 1.
- Resistividad térmica 1, Factor de corrección = 1.
- Instalación bajo tubo, Factor de corrección = 0.8.
- Profundidad distinta de 0.7m, en este caso 0.8, Factor de corrección = 0.99.

Multiplicando todos los factores de corrección, nos queda que el factor de corrección total es de 0.792, y es aplicable a todos los cálculos de la instalación de BT como se verá en cálculos sucedáneos.

---

<sup>4</sup> Dato fabricante conductor HEPRZ1

### 6.3.1 Determinación de la sección de los conductores



La distribución en BT se realiza mediante el uso de sistemas trifásicos, a 400 V entre fases o sistemas monofásicos, a 230 V entre fase y neutro.

Para la elección de la sección de los conductores se debe tener en cuenta los siguientes parámetros:

- a) Intensidad máxima admisible por el cable.
- b) Caída de tensión.
- a) **Intensidad máxima admisible por el cable**

La elección de la sección en función de la intensidad máxima admisible, se calcula partiendo de la potencia a transportar por el conductor, calculando la intensidad correspondiente y eligiendo el conductor adecuado, para cada caso, de acuerdo con los calores de intensidad máxima fijados en la Tabla 24, según del ITC-BT-07, tabla 5.

**Tabla 24. Intensidad máxima admisible , en A, para cables con conductores de cobre en instalación enterada (SERVICIO PERMANENTE)**

SECCIÓN NOMINAL mm <sup>2</sup>	Terna de cables unipolares (1) (2)			1 cable tripolar o tetrapolar (3)		
						
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56
10	96	94	85	88	85	75
16	125	120	110	115	110	97
25	160	155	140	150	140	125
35	190	185	170	180	175	150
50	230	225	200	215	205	180
70	280	270	245	260	250	220
95	335	325	290	310	305	265
120	380	375	335	355	350	305
150	425	415	370	400	390	340
185	480	470	420	450	440	385
240	550	540	485	520	505	445
300	620	610	550	590	565	505
400	705	690	615	665	645	570
500	790	775	685	-	-	-
630	885	870	770	-	-	-

La intensidad viene definida por la ecuación (23) y queda:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} \quad (23)$$

Siendo:

- $I$  : Intensidad nominal máxima de la red.
- $P$  : Potencia activa en kW.
- $U$  : Tensión de la red en V.
- $\cos \varphi$  : Factor de potencia de la red.

Al ser una instalación que posee un CT propio, por definición en ITC-BT-19, las caídas de tensión máximas admisibles serán de 4.5 % para alumbrado y 6.5% para los demás uso.

#### b) Caída de Tensión

Por caída de tensión, hay que distinguir entre si es una derivación trifásica o monofásica. Dando una sección teórica, se comprueba si no excede de la caída de tensión permitida para el tipo de instalación, y si no lo sobrepasa el cálculo es correcto.

- **Derivaciones trifásicas**

La sección de una derivación trifásica viene definida por la ecuación (24)

$$S = \frac{P \cdot L}{C \cdot e \cdot U} \quad (24)$$

En donde:

- $P$  : Potencia activa en kW.
- $L$  : Longitud de la línea en m.
- $e$  : Caída de tensión máxima.
- $U$  : Tensión de la red en V.
- $S$  : Sección del conductor en mm<sup>2</sup>.
- $C$  : Resistividad del material.



Lo que nos interesa, como se ha dicho antes, es comprobar si la caída de tensión excede o no del máximo permitido por lo que la ecuación real de cálculo es la (25)

$$e = \frac{P \cdot L}{C \cdot S \cdot U} \quad (25)$$

- **Derivaciones monofásicas**

De igual forma que en el caso de las derivaciones trifásicas, las monofásicas quedan según ecuación (26)

$$e = \frac{2 \cdot P \cdot L}{C \cdot S \cdot U} \quad (26)$$

- **Resistividad del cobre a temperatura de 90° C**

Al utilizar todos los conductores de la instalación de BT, en Cobre, la resistividad del material, es para todos los cálculos la misma, y viene definida por la ecuación (27) en la consideramos la condición más desfavorables a 90 °C de temperatura, que es el máximo que aguantan los conductores.

$$\rho = \rho_{20} \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 20)) \quad (27)$$

Donde:

- $\rho_{20}$  : Resistividad del cobre a 20° C,  $\rho_{20} = 0.018$ .
- $\alpha$  : Coeficiente de temperatura con valor 0.00392 [11].
- T: Temperatura máxima del conductor.

Sustituyendo valores, queda:

$$\rho = 0.018 \cdot (1 + 0.00392 \cdot (90 - 20)) = 0.023 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$$

Quedando el valor de la constante C de las ecuaciones (25) y (26), definido en la ecuación (28)

$$C = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{0.023} = 43.59 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \quad (28)$$

## 6.3.2 Derivaciones de las líneas

### 6.3.2.1 Línea Interruptor transformador - Armario distribución (CGBT)

- **Intensidad**

Haciendo uso de la ecuación (23) queda que la corriente que circula por la línea es:

$$I = \frac{598.5}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.95} = 909.32 A$$

La configuración de la sección del conductor para que pueda transportar esta intensidad es:

- **3 x (3 x 240 mm<sup>2</sup>) + 3 x (1 x 240 mm<sup>2</sup>) + TT**

La intensidad máxima admisible que admite el conductor de esta sección es de  $I_{adm} = 550A$ , como tenemos tres conductores por fase queda un total de  $I_{adm} = 1650A$ , y aplicando los factores de corrección de la instalación queda:

$$I_{adm} = 1650 \cdot 0.792 = 1306.8 A$$

Como podemos comprobar la Intensidad admisible es mayor que la intensidad a transportar, por lo que, la sección elegida es válida.



- **Caída de Tensión**

Usando la ecuación (25), ya que se trata de una derivación trifásica, y sabiendo que la longitud de la conexión es de 1 m, sustituyendo valores obtenemos:

$$e = \frac{598.5 \cdot 1}{43.59 \cdot 240 \cdot 0.4} = 0.143 V$$

La caída máxima de tensión según ITC-BT-19 para esta instalación es 6.5%, queda:

$$e (\%) = 0.0358 \%$$

Que como podemos comprobar es menor que el 6.5% permitido por normativa, por lo que el conductor está bien seleccionado.

### 6.3.2.2 Línea CGBT- Línea General

- **Intensidad**

Haciendo uso de la ecuación (23), queda que la corriente que circula por la línea es:

$$I = \frac{497.2}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.95} = 755.42 A$$

La configuración de la sección del conductor para que pueda transportar esta intensidad es:

- **3 x (3 x 150 mm<sup>2</sup>) + 3 x (1 x 150 mm<sup>2</sup>) + TT**

La intensidad máxima admisible que admite el conductor de esta sección es de  $I_{adm} = 425A$ , como tenemos tres conductores por fase queda un total de  $I_{adm} = 1275A$ , y aplicando los factores de corrección de la instalación queda:

$$I_{adm} = 1275 \cdot 0.792 = 1009.8 A$$

Como podemos comprobar la Intensidad admisible es mayor que la intensidad a transportar, por lo que, la sección elegida es válida.

- **Caída de Tensión**

Usando la ecuación (25) ya que se trata de una derivación trifásica, y sabiendo que la longitud de la conexión es de 1 m, sustituyendo valores obtenemos:

$$e = \frac{497.2 \cdot 1}{43.59 \cdot 150 \cdot 0.4} = 0.19 V$$

La caída máxima de tensión según ITC-BT-19 para esta instalación es 6.5%, queda:

$$e (\%) = 0.0475 \%$$

Que como podemos comprobar es menor que el 6.5% permitido por normativa, por lo que el conductor está bien seleccionado.

### 6.3.2.3 Línea CGBT- CS Cargadores

- **Intensidad**

Haciendo uso de la ecuación (23) queda que la corriente que circula por la línea es:

$$I = \frac{475.2}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.95} = 721.99 A$$

La configuración de la sección del conductor para que pueda transportar esta intensidad es:

- $3 \times (3 \times 120 \text{ mm}^2) + 3 \times (1 \times 120 \text{ mm}^2) + TT$

La intensidad máxima admisible que admite el conductor de esta sección es de  $I_{adm} = 380A$ , como tenemos tres conductores por fase queda un total de  $I_{adm} = 1140A$ , y aplicando los factores de corrección de la instalación queda:





$$I_{adm} = 1140 \cdot 0.792 = 902.88 A$$

Como podemos comprobar la Intensidad admisible es mayor que la intensidad a transportar, por lo que, la sección elegida es válida.

- **Caída de Tensión**

Usando la ecuación (25) ya que se trata de una derivación trifásica, y sabiendo que la longitud de la conexión es de 10 m, sustituyendo valores obtenemos:

$$e = \frac{475.2 \cdot 10}{43.59 \cdot 120 \cdot 0.4} = 2.27 V$$

La caída máxima de tensión según ITC-BT-19 para esta instalación es 6.5%, queda:

$$e (\%) = 0.57 \%$$

Que como podemos comprobar es menor que el 6.5% permitido por normativa, por lo que el conductor está bien seleccionado.

#### 6.3.2.4 Línea CGBT- Iluminación exterior

- **Intensidad**

Haciendo uso de la ecuación (23) sabiendo que es una derivación monofásica, y que la tensión de alimentación es 230 V queda que la corriente que circula por la línea es:

$$I = \frac{2}{0.23 \cdot 0.95} = 9.16 A$$

La configuración de la sección del conductor para que pueda transportar esta intensidad es:

- **2 x 6 mm<sup>2</sup> + TT**

La intensidad máxima admisible que admite el conductor de esta sección es de  $I_{adm} = 72 A$ , y aplicando los factores de corrección de la instalación queda:

$$I_{adm} = 72 \cdot 0.792 = 57.024 A$$

Como podemos comprobar la Intensidad admisible es mayor que la intensidad a transportar, por lo que, la sección elegida es válida.

- **Caída de Tensión**

Usando la ecuación (25) ya que se trata de una derivación trifásica, y sabiendo que la longitud de la conexión es de 10 m, sustituyendo valores obtenemos:

$$e = \frac{2 \cdot 2 \cdot 10}{43.59 \cdot 0.23 \cdot 6} = 0.665 V$$

La caída máxima de tensión según ITC-BT-19 para esta instalación es 6.5%, queda:

$$e (\%) = 0.289 \%$$

Que como podemos comprobar es menor que el 4.5% permitido por normativa, por lo que el conductor está bien seleccionado.

### 6.3.2.5 Línea CGBT- CS Área de servicio

- **Intensidad**

Haciendo uso de la ecuación (23) queda que la corriente que circula por la línea es:

$$I = \frac{20}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.95} = 30.38 A$$

La configuración de la sección del conductor para que pueda transportar esta intensidad es:

- **4 x 16mm<sup>2</sup> + TT**

La intensidad máxima admisible que admite el conductor de esta sección es de  $I_{adm} = 125A$ , y aplicando los factores de corrección de la instalación queda:



$$I_{adm} = 125 \cdot 0.792 = 99A$$

Como podemos comprobar la Intensidad admisible es mayor que la intensidad a transportar, por lo que, la sección elegida es válida.

- **Caída de Tensión**

Usando la ecuación (25) ya que se trata de una derivación trifásica, y sabiendo que la longitud de la conexión es de 100 m, sustituyendo valores obtenemos:

$$e = \frac{20 \cdot 100}{43.59 \cdot 16 \cdot 0.4} = 11.47V$$

La caída máxima de tensión según ITC-BT-19 para esta instalación es 6.5%, queda:

$$e (\%) = 2.87 \%$$

Que como podemos comprobar es menor que el 6.5% permitido por normativa, por lo que el conductor está bien seleccionado.

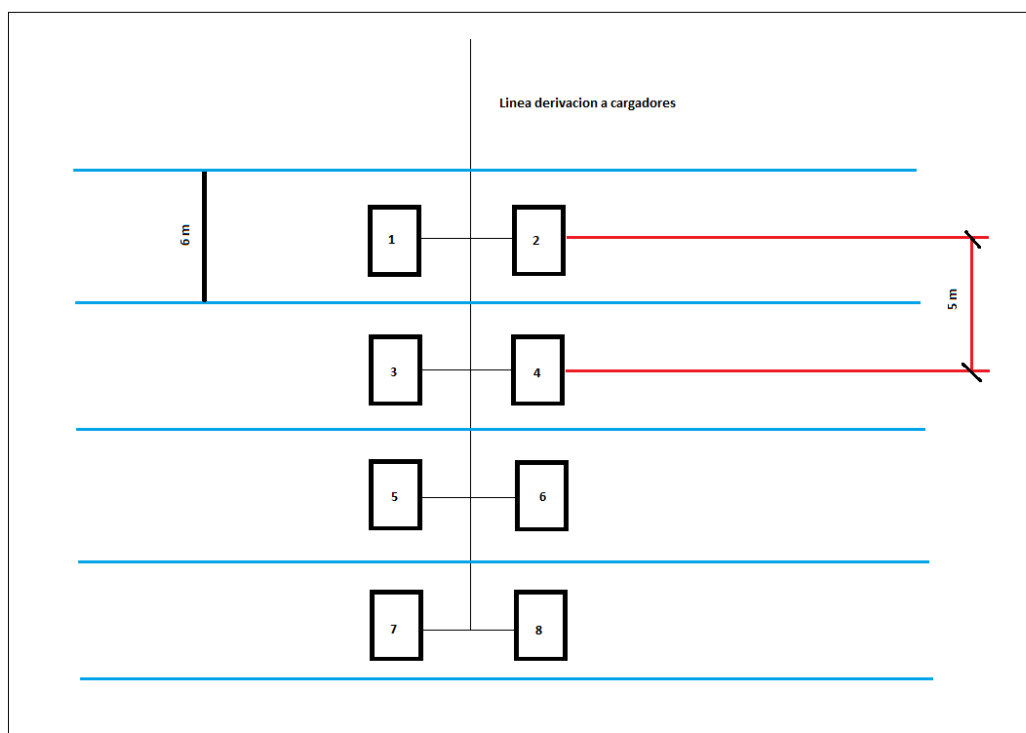
### 6.3.3 Derivaciones secundarias de la líneas

Para el estudio del caso de la electrolinera se realiza una derivación desde el Cuadro Secundario Cargadores, para poder abastecer toda la instalación de los cargadores.

En comparación con los demás elementos previstos en la instalación, quien más demanda de potencia necesita, son los cargadores de la electrolinera, debido a que la corriente que demandan es de aproximadamente 90 A, por lo que provoca un aumento de la potencia requerida.

El modelo seleccionado para el cargador, de recarga rápida, es el visto en el Capítulo 4, EV Link de Schneider Electric, del que podemos encontrar todas sus características técnicas en el ANEXO III.

La distribución de los cargadores viene reflejada en la Figura 19.



**Figura 19. Esquema de distribución de los cargadores en la electrolinera**

La distribución de los cargadores se realiza a distintas longitudes, como indica la Tabla 25, estando dos cargadores en simétrica posición a 5m, 10m, 15m y 20m.

**Tabla 25. Distribución de los cargadores**

Numero de cargadores	Longitud (m)
2	5
2	10
2	15
2	20

La potencia por cargador es de 59.4 kW, a tensión trifásica de 400 V.

### 6.3.3.1 Línea CS Cargadores - Cargador

- **Intensidad**

Haciendo uso de la ecuación (23) queda que la corriente que circula por la línea es:

$$I = \frac{59.4}{\sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 0.95} = 90.25 \text{ A}$$

La configuración de la sección del conductor para que pueda transportar esta intensidad es:

- **4 x 25 mm<sup>2</sup> + TT**

La intensidad máxima admisible que admite el conductor de esta sección es de  $I_{adm} = 160 \text{ A}$ .

$$I_{adm} = 160 \cdot 0.792 = 126.72 \text{ A}$$

Como podemos comprobar la Intensidad admisible es mayor que la intensidad a transportar, por lo que, la sección elegida es válida.

- **Caída de Tensión**

Usando la ecuación (25) ya que se trata de una derivación trifásica, y sabiendo que la longitud de la conexión varía encontramos los siguientes valores:

- Cargadores a 5 m.

$$e = \frac{59.4 \cdot 5}{43.59 \cdot 25 \cdot 0.4} = 0.68 \text{ V}$$

La caída máxima de tensión según ITC-BT-19 para esta instalación es 6.5%, queda:

$$e (\%) = 0.17 \%$$

- Cargadores a 10 m.

$$e = \frac{59.4 \cdot 10}{43.59 \cdot 25 \cdot 0.4} = 1.36V$$

La caída máxima de tensión según ITC-BT-19 para esta instalación es 6.5%, queda:

$$e (\%) = 0.34 \%$$

- Cargadores a 15 m.

$$e = \frac{59.4 \cdot 15}{43.59 \cdot 25 \cdot 0.4} = 2.04V$$

La caída máxima de tensión según ITC-BT-19 para esta instalación es 6.5%, queda:

$$e (\%) = 0.51 \%$$

- Cargadores a 20 m.

$$e = \frac{59.4 \cdot 20}{43.59 \cdot 25 \cdot 0.4} = 2.72V$$

La caída máxima de tensión según ITC-BT-19 para esta instalación es 6.5%, queda:

$$e (\%) = 0.68 \%$$

Para comprobar que la caída de tensión es correcta, se toma el punto más alejado del Cuadro Secundario, que son los cargadores que están a 20 m, y se comprueba que la caída de tensión es menor al 6.5 % que nos estipula la Normativa, por lo que el dimensionamiento de la sección del conductor es correcto.



### 6.3.4 Protecciones en el Baja Tensión

El dimensionado de las protecciones viene establecido en el punto 6.2.8, ecuaciones (19), (20) y (21) por lo que sustituyendo los valores en cada caso queda:

- **Interruptor transformador - Armario distribución**

Dando valores dimensionamos la protección de Baja Tensión quedando:

$$909.32 < I_n < 1306.8$$

Por lo que  $I_n = 1000 A$ , siendo un interruptor de corte en carga que cumpla con estas características.

- **CGBT- Línea General**

Dando valores dimensionamos la protección de Baja Tensión quedando:

$$755.42 < I_n < 1009.8$$

Por lo que  $I_n = 800 A$ , siendo un interruptor de corte en carga que cumpla con estas características.

- **CGBT - CS Cargadores**

Dando valores dimensionamos la protección de Baja Tensión quedando:

$$721.99 < I_n < 902.88$$

Por lo que  $I_n = 800 A$ , dimensionamos los interruptores automáticos magnetotérmico quedando:

$$\begin{aligned} I_2 &= 1.6 \cdot 800 = 1280 \\ 1280 &< 1.45 \cdot 902.88 = 1309.17 \end{aligned}$$

- **CGBT - Iluminación exterior**

Dando valores dimensionamos la protección de Baja Tensión quedando:

$$9.16 < I_n < 57.024$$

Por lo que  $I_n = 40 A$ , dimensionamos los interruptores automáticos magnetotérmico quedando:

$$I_2 = 1.6 \cdot 40 = 64$$
$$64 < 1.45 \cdot 57.024 = 82.68$$

- **CGBT - CS Área de servicio**

Dando valores dimensionamos la protección de Baja Tensión quedando:

$$30.38 < I_n < 99$$

Por lo que  $I_n = 80 A$ , dimensionamos los interruptores automáticos magnetotérmico quedando:

$$I_2 = 1.6 \cdot 80 = 128$$
$$128 < 1.45 \cdot 99 = 143.55$$

- **CS Cargadores - cargador**

Dando valores dimensionamos la protección de Baja Tensión quedando:

$$90.25 < I_n < 160$$

Por lo que  $I_n = 125 A$ , dimensionamos los interruptores automáticos magnetotérmico quedando:

$$I_2 = 1.6 \cdot 125 = 200$$
$$200 < 1.45 \cdot 160 = 232$$

Por los requerimientos de construcción del cargador, el circuito de potencia de la estación de carga debe estar protegido aguas arriba por:





- Un interruptor magnetotérmico de calibre 125 A curva D
- Una protección diferencial de 300mA 125A tipo A

## 6.4 Cálculo de las puestas a tierra

### 6.4.1 Características del suelo

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este centro de transformación, se determina una resistividad media superficial  $\rho = 180 \Omega \cdot m$  y la  $\rho_{HORMIGON} = 3000 \Omega$

### 6.4.2 Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo de eliminación de defecto.

El neutro de la red de distribución en Media Tensión está conectado rígidamente a tierra. Por ello, la intensidad máxima de defecto dependerá de la resistencia de puesta a tierra de protección del Centro, así como de las características de la red de MT.

Para un valor de intensidad máxima de defecto a tierra es 500 Amperios y el tiempo de desconexión del defecto es inferior a 0.7 segundos, según datos proporcionados por la Compañía Eléctrica suministradora (IBERDROLA). Los valores de K y n para calcular la tensión máxima de contacto aplicada según MIE-RAT 13 en el tiempo de defecto proporcionado por la Compañía son:

$$K = 72 \text{ y } n = 1$$

Sabiendo que la Tensión de servicio son 20 kV podemos calcular la resistencia de puesta a tierra, mediante la ecuación (29)

$$R_T = \frac{U_L / \sqrt{3}}{I_d} \quad (29)$$

Donde:

- $U_L$ : Tensión de línea en V
- $I_d$ : Intensidad máxima de defecto a tierra en A, facilitada por compañía
- $R_T$ : Resistencia de puesta a tierra en  $\Omega$

Dando valores a los parámetros nos queda:

$$R_T = \frac{20 \cdot 10^3 / \sqrt{3}}{500} = 23.09 \Omega$$

### 6.4.3 Diseño preliminar de la instalación de tierra

Para el diseño preliminar se estudiarán por separado la tierra de protección y la de servicio. Al presentar esta instalación las condiciones especificadas en el apartado 6.3. del MIE-RAT 13 y las del método UNESA,  $U_d \leq 1000V$ , las puestas a tierra de protección y de servicio de la instalación se interconectarán y constituirán una instalación de tierra general.

Para la selección del electrodo tipo necesitamos ver cuál es el valor del parámetro  $K_r$ , que se averigua mediante la ecuación (30)

$$K_r \leq \frac{R_T}{\rho} \quad (30)$$

Donde:

- $K_r$ : Parámetro teórico de cálculo.
- $\rho$ : Resistividad del terreno en  $\Omega \cdot m$ .
- $R_T$ : Resistencia de puesta a tierra en  $\Omega$ .



Dando valores queda:

$$K_r \leq \frac{23.09}{180} = 0.1282$$

- **Tierra de protección**

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas y carcasas de los transformadores.

Para los cálculos a realizar emplearemos las expresiones y procedimientos según el "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA [15], conforme a las características del centro de transformación objeto del presente cálculo, siendo, entre otras, las siguientes:

Para la tierra de protección optaremos por un sistema de las características que se indican a continuación:

- Identificación: código 50-25/5/42 del método de cálculo de tierras de UNESA.
- Parámetros característicos:

$$K_r = 0.097$$

$$K_p = 0.0221$$

$$K_c = 0.0483$$

- Geometría del sistema en anillo rectangular
- Profundidad del electrodo de 0.5m
- Numero de picas 4
- Longitud de las picas 2m

Nota: se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros de  $K_r$ ,  $K_p$  y  $K_c$  la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior.

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0.6/1 kV protegido contra daños mecánicos.

- **Tierra de servicio**

Se conectarán a este sistema el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características de las picas serán las mismas que las indicadas para la tierra de protección. La configuración escogida se describe a continuación:

- Identificación: código 5/24 del método de cálculo de tierras de UNESA [15].
- Parámetros característicos:

$$K_r = 0.113$$

$$K_p = 0.0208$$

- Picas en hilera unidas por un conductor horizontal, con una separación entre picas de 6 m y una longitud de pica de 4 m.
- La sección del conductor es de 50mm<sup>2</sup> y el diámetro de las picas es de 14 mm
- 

Nota: se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros  $K_r$ ,  $K_p$  de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior.

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0.6/1 kV protegido contra daños mecánicos.

El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37  $\Omega$ . Con este criterio se consigue que un defecto a tierra en una instalación de Baja Tensión protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de sensibilidad 650 mA, no ocasione en el electrodo de puesta a tierra una tensión superior a 24 Voltios.

Existirá una separación mínima entre las picas de la tierra de protección y las picas de la tierra de servicio a fin de evitar la posible transferencia de tensiones elevadas a la red de Baja Tensión.



#### 6.4.4 Cálculo de la resistencia de puesta a tierra real

- **Tierra de protección**

El valor real de la resistencia de puesta a tierra, en el caso de la tierra de protección, viene definida por la ecuación (31).

$$R'_T = K_r \cdot \rho \quad (31)$$

Dando valores queda:

$$R'_T = 0.097 \cdot 180 = 17.46 \, \Omega$$

El valor de la intensidad máxima de defecto a tierra es el mismo que el proporcionado por la compañía y queda:

$$I'_d = I_d = 500 \, A$$

La tensión de defecto viene definida por la ecuación (32), y dando valores queda:

$$V_d = I'_d \cdot R'_T \quad (32)$$

$$V_d = 500 \cdot 17.46 = 8730 \, V$$

- **Tierra de servicio**

El valor real de la resistencia de puesta a tierra, viene definida en la ecuación (31) y dando valores queda:

$$R'_T = 0.113 \cdot 180 = 20.34 \, \Omega$$

El valor tiene que cumplir que sea menor que  $37 \, \Omega$ , por recomendación de UNESA [15], y como podemos comprobar es correcto el cálculo.

### 6.4.5 Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación

La tensión de paso en el acceso será igual al valor de la tensión máxima de contacto siempre que se disponga de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra según la ecuación (33)

$$V'_C = K_C \cdot I'_d \cdot \rho \quad (33)$$

Donde:

- $V'_C$ : Tensión de paso en el acceso en V
- $K_C$ : Coeficiente tablas UNESA
- $I'_d$ : Intensidad de defecto en A
- $\rho$ : Resistividad del terreno

Dando valores nos queda:

$$V'_C = 0.0483 \cdot 500 \cdot 180 = 4347V$$

### 6.4.6 Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación

La tensión de paso en el exterior viene definida por la ecuación (34)

$$V'_p = K_p \cdot I'_d \cdot \rho \quad (34)$$

Donde:

- $V'_p$ : Tensión de paso en el acceso en V
- $K_p$ : Coeficiente tablas UNESA
- $I'_d$ : Intensidad de defecto en A
- $\rho$ : Resistividad del terreno

Dando valores queda:

$$V'_p = 0.0221 \cdot 500 \cdot 180 = 1989V$$

### 6.4.7 Cálculo de las tensiones aplicadas

Los valores admisibles son para una duración total de la falta igual a:

- $t = 0.7 \text{ seg}$
- $K = 72$
- $n = 1$
- 

La tensión de paso exterior está definida en la ecuación (35)

$$V_{PASO} = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left( 1 + \frac{6 \cdot \rho}{1000} \right) \quad (35)$$

Donde:

- $K$ : Coeficiente = 72
- $t$ : Tiempo total de duración de la falta en s
- $n$ : Coeficiente = 1
- $\rho$ : Resistividad del terreno en  $\Omega \cdot m$
- $V_{PASO}$ : Tensión admisible de paso en el exterior

Dando valores queda:

$$V_{PASO} = \frac{10 \cdot 72}{0.7^1} \cdot \left( 1 + \frac{6 \cdot 180}{1000} \right) = 2139.43 V$$

La tensión de paso en el acceso al edificio viene definida en la ecuación (36)

$$V_{P(acc)} = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left( 1 + \frac{3 \cdot \rho + 3 \cdot \rho_{HORMIGON}}{1000} \right) \quad (36)$$

Donde:

- $K$ : Coeficiente = 72
- $t$ : Tiempo total de duración de la falta en s
- $n$ : Coeficiente = 1

- $\rho$  : Resistividad del terreno en  $\Omega \cdot m$
- $\rho_{HORMIGON}$  : Resistividad del hormigón
- $V_{P(acc)}$  : Tensión admisible de paso en el exterior

Por lo que asignando valores queda:

$$V_{P(acc)} = \frac{10 \cdot 72}{0.7^1} \cdot \left( 1 + \frac{3 \cdot 180 + 3 \cdot 3000}{1000} \right) = 10841.14 V$$

Para comprobar si los valores calculados son correctos para el caso de estudio de este proyecto se tiene que hacer la siguiente comprobación.

Tensión de defecto:

$$V_d = 8730 V < V_{BT} = 10000 V$$

Tensión de paso en el interior:

$$V'_C = 4347 V < V_{P(acc)} = 10841.1 V$$

Tensión de paso en el exterior:

$$V'_P = 1989 V < V_{PASO} = 2139.43 V$$

Como podemos comprobar cumple todas las especificaciones por lo que el dimensionamiento de la red de puestas a tierra se ha realizado correctamente.





### 6.4.8 Investigación de las tensiones transferibles al exterior

Para garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de tierra de servicio, evitando así que afecten a los usuarios, debe establecerse una separación entre los electrodos más próximos de ambos sistemas, siempre que la tensión de defecto supere los 1000 V.

En este caso es obligatorio imponer esta separación, al ser la tensión de defecto superior a los 1000V.

La distancia mínima de separación entre los sistemas de tierras viene expresada en la ecuación (37)

$$D = \frac{\rho \cdot I'_d}{2000 \cdot \Pi} \quad (37)$$

Donde:

- $\rho$  : Resistividad del terreno en  $\Omega \cdot m$
- $I'_d$  : Intensidad de defecto en A
- D: Distancia mínima de separación en m

Sustituyendo valores queda:

$$D = \frac{180 \cdot 500}{2000 \cdot \Pi} = 14.32m$$





# Presupuesto



Descripción	Unidad	Medición	Precio unitario	Precio total
<b>Centro de seccionamiento</b>				
Edificio prefabricado ECS-24, de Schneider Electric. Unidad instalada y en perfecto estado de funcionamiento de acuerdo al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión Real Decreto 542/2002 de 2 de Agosto de 2002	Ud.	1	2500€	2.500,00 €
Aparamenta de MT en CS, Compacto Merlin Gerin gama RM6, modelo RM6 3I (3L), referencia RM63I, para tres funciones de línea de 400 A, según características de memoria.	Ud.	1	8900€	8.900,00 €
Varios CS, entre los que encontramos: -1 Extintor de eficacia 89B, instalado -1 Banqueta aislante para maniobrar aparamenta -1 Par de guantes de maniobra -Placas reglamentarias PELIGRO DE MUERTE, instaladas -Placas PRIMEROS AUXILIOS, instaladas	Ud.	1	600€	600,00 €
1 Ud. Tierras para poner en continuidad con las tierras exteriores, formado por cable de 50 mm <sup>2</sup> de Cu desnudo para la tierra de protección y aislado para la de servicio, con conexiones, caja de	Ud.	1	1500€	1.500,00 €



seccionamiento, instalado.

**TOTAL** **13.500,00 €**

Descripción	Unidad	Medición	Precio unitario	Precio total
-------------	--------	----------	-----------------	--------------

### Centro de Transformación

Edificio prefabricado EHC-4, de Schneider Electric. Unidad instalada y en perfecto estado de funcionamiento de acuerdo al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión Real Decreto 542/2002 de 2 de Agosto de 2002	Ud.	1	3500€	3.500,00 €
--	-----	---	-------	------------

Aparamenta de MT en CS,.

-1 Ud. Cabina de remonte de cables gama SM6, modelo GAME, de conexión superior por barras e inferior por cable seco.

-1 Ud. Cabina disyuntor gama SM6, modelo DM1C, con seccionador en SF6 con mando CS1.

-1 Ud. Cabina e medida gama SM6, modelo GBC2C, equipada con tres transformadores de intensidad y tres de tensión.

Ud.	1	20400€	20.400,00 €
-----	---	--------	-------------

Varios CS, entre los que encontramos:

-1 Extintor de eficacia 89B, instalado

-1 Banqueta aislante para maniobrar aparamenta

Ud.	1	600€	600,00 €
-----	---	------	----------



- 1 Par de guantes de maniobra
- Placas reglamentarias PELIGRO DE MUERTE, instaladas
- Placas PRIMEROS AUXILIOS, instaladas

1 Ud. Transformador de potencia de baño en aceite de hasta 24 kV, de Schneider Electric, de 630 kVA, y transformación 20/0.42 kV conexión Dyn11.

Juego de puentes de cables de AT unipolares de aislamiento seco RHZ1, aislamiento 12/20 kV de 95 mm<sup>2</sup> de sección en Al

Ud.	1	17000€	17.000,00 €
-----	---	--------	-------------

1 Ud. Cuadro de baja tensión modelo prisma plus para protección de salida del transformador conteniendo un interruptor automático Compact NS1000N de calibre 1000A regulable.

1 Cuadro contador, con 3 contadores tarificador electrónico, registrador electrónico y una regleta de verificación. Todo ellos en el interior de un armario homologado para contener estos equipos.

Ud.	1	8000€	8.000,00 €
-----	---	-------	------------

1 Ud. Tierras para poner en continuidad con las tierras exteriores, formado por cable de 50 mm<sup>2</sup> de Cu desnudo para la tierra de protección y aislado para la de servicio, con conexiones, caja de seccionamiento, instalado.

Ud.	1	1500€	1.500,00 €
-----	---	-------	------------

<b>TOTAL</b>			<b>51.000,00 €</b>
--------------	--	--	--------------------



Descripción	Unidad	Medición	Precio unitario	Precio total
<b>Cuadros Eléctricos</b>				
CGBT, Cuadro formado por armario metálico de chapa galvanizada con puerta transparente y cerradura, conteniendo en su interior la aparamenta de Schneider Electric, y manteniendo un 40 % de espacio de reserva, para posibles ampliaciones.	Ud.	1	3650€	3.650,00 €
CS Cargadores, Cuadro secundario de mando y protección, formado por armario metálico de chapa galvanizada con puerta transparente y cerradura, conteniendo en su interior la aparamenta de Schneider Electric, y manteniendo un 40 % de espacio de reserva, para posibles ampliaciones	Ud.	1	3250€	3.250,00 €
CS Área de servicio, Cuadro secundario de mando y protección, formado por armario metálico de chapa galvanizada con puerta transparente y cerradura, conteniendo en su interior la aparamenta de Schneider Electric, y manteniendo un 40 % de espacio de reserva, para posibles ampliaciones	Ud.	1	1100€	1.100,00 €
Cajón de iluminación exterior, Cuadro secundario de mando y protección, formado por armario metálico de chapa galvanizada con	Ud.	1	750€	750,00 €



puerta transparente y cerradura, conteniendo en su interior la aparatura de Schneider Electric, y manteniendo un 40 % de espacio de reserva, para posibles ampliaciones

**TOTAL** **8.750,00 €**

Descripción	Unidad	Cantidad (m)	Precio unitario (€/m)	Precio total
<b>Líneas Eléctricas</b>				
Conductor Cu 0.6/1 KV RZ1-K (AS) 1 x 240 mm <sup>2</sup> Suministro, instalación, y montaje de conductor de Cu, no propagador de llama y cero en halógenos, de 240 mm <sup>2</sup> de sección	Ud.	1	18.52€	18,52 €
Conductor Cu 0.6/1 KV RZ1-K (AS) 1 x 150 mm <sup>2</sup> Suministro, instalación, y montaje de conductor de Cu, no propagador de llama y cero en halógenos, de 150 mm <sup>2</sup> de sección	Ud.	1	16.25€	16,25 €
Conductor Cu 0.6/1 KV RZ1-K (AS) 1 x 120 mm <sup>2</sup> Suministro, instalación, y montaje de conductor de Cu, no propagador de llama y cero en halógenos, de 120 mm <sup>2</sup> de sección	Ud.	10	12.84€	128,40 €





Conductor Cu 0.6/1 KV RZ1-K (AS) 4 x 25 mm<sup>2</sup>

Suministro, instalación, y montaje de conductor de Cu, no propagador de llama y cero en halógenos, de 25 mm<sup>2</sup> de sección

Ud.	100	14.26€	1426,00 €
-----	-----	--------	-----------

Conductor Cu 0.6/1 KV RZ1-K (AS) 4 x 16 mm<sup>2</sup>

Suministro, instalación, y montaje de conductor de Cu, no propagador de llama y cero en halógenos, de 16 mm<sup>2</sup> de sección

Ud.	100	15.08€	1508,00 €
-----	-----	--------	-----------

Conductor Cu 0.6/1 KV RZ1-K (AS) 4 x 6 mm<sup>2</sup>

Suministro, instalación, y montaje de conductor de Cu, no propagador de llama y cero en halógenos, de 6 mm<sup>2</sup> de sección

Ud.	10	12.03€	120,30 €
-----	----	--------	----------

**TOTAL**

**3.217,47 €**

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
-------------	--------	----------	-----------------	--------------

### Cargadores recarga rápida

Cargador modelo EV Link, de Schneider Electric, de 500 V a 125 A, proporcionando una potencia de 50 kW por cargador a la salida.

Ud.	8	22000€	176000,00 €
-----	---	--------	-------------



Iluminación exterior de la zona de repostaje con Farola Led de 160 W	Ud.	12	650€	7800,00 €
---	-----	----	------	-----------

<b>TOTAL</b>				<b>183.800,00 €</b>
--------------	--	--	--	---------------------

Descripción	Unidad	Medición	Precio unitario	Precio total
-------------	--------	----------	--------------------	--------------

#### Ingeniería

Ingeniería de detalle para construcción, 8 horas al día de lunes a viernes, durante 7 meses.	Ud.	210 días	27€/h	45360,00 €
--	-----	----------	-------	------------

<b>TOTAL</b>				<b>45.360,00 €</b>
--------------	--	--	--	--------------------

Descripción	Unidad	Medición	Precio unitario	Precio total
-------------	--------	----------	--------------------	--------------

#### Seguridad y Salud

Par de botas de seguridad contra los riesgos en los pies. Comercializadas en varias tallas. Fabricadas con serraje de piel y loneta reforzada contra los desgarros. Dotadas de puntera metálica y plantilla de acero inoxidable, forradas contra el sudor, suela de goma contra deslizamientos, y talón reforzado. Calzado antiestático con resistencia	Ud.	80	18€	1.440,00 €
---	-----	----	-----	------------



eléctrica entre 0,1 Ohm y 1000 Ohm. Con marcado CE, según normas EPI.

Casco de seguridad destinado a proteger la parte superior de la cabeza del usuario contra objetos en caída, mediante la absorción de la energía de impacto. En adición a los requisitos anteriores, el casco debe ser resistente a bajas temperaturas y con aislamiento eléctrico (protección del usuario durante un corto periodo de tiempo contra contactos accidentales con conductores eléctricos activos con un voltaje de hasta 440 voltios de corriente alterna).

Ud.	80	4€	320,00 €
-----	----	----	----------

Arnés anti caídas formado por faja dotada de hebilla de cierre, arnés unido a la faja dotado de argolla de cierre, arnés unido a la faja para pasar por la espalda, hombros y pecho, completado con perneras ajustables. Con argolla de acero estampado para cuelgue, ubicada en la cruceta del arnés a la espalda, cuerda de amarre de 1 m. de longitud, dotada de un mecanismo amortiguador y mosquetón de acero para enganche. Con marcado CE según normas EPI.

Ud.	15	20€	300,00 €
-----	----	-----	----------

Prenda de abrigo para la protección contra el mal tiempo (lluvia, viento y frío), con adecuadas características de impermeabilidad y con aislamiento térmico. Con capucha de utilización a discreción del usuario, bolsillos y cerrado mediante cremalleras y/o clips. Con marcado CE, según normas EPI.

Ud.	40	21€	840,00 €
-----	----	-----	----------

Prenda de impermeable para la protección contra el mal tiempo (lluvia).

Ud.	40	12€	480,00 €
-----	----	-----	----------



Fabricado en tejido sintético impermeable, sin forrar, con capucha de utilización a discreción del usuario, bolsillos y cerrado mediante cremalleras y/o clips. Con marcado CE, según normas EPI.

Faja de protección contra sobreesfuerzos y posturas inadecuadas, para la protección de zona lumbar del cuerpo humano. Ajustable mediante hebillas y fabricada en material ligero y cuero. Con marcado CE, según normas EPI.

Ud.	5	10€	50,00 €
-----	---	-----	---------

Gafas de seguridad ocular anti-polvo y anti-impactos de montura ligera, pantalla exterior de policarbonato, pantalla interior contra impactos. Modelo panorámico. Con marcado CE, según normas EPI. Unidad de gafas de seguridad ocular anti-polvo y anti-impactos de montura ligera, pantalla exterior de policarbonato, pantalla interior contra impactos. Modelo panorámico. Con marcado CE, según normas EPI.

Ud.	100	8€	800,00 €
-----	-----	----	----------

Par de guantes de cinco dedos, confeccionado totalmente con piel flor vacuno de color amarillo, e incorpora goma elástica en la parte interior en la zona del dorso y lleva en la zona de la muñeca un doblado hacia el interior del mismo cuero. Con marcado CE, según normas EPI.

Ud.	100	6€	600,00 €
-----	-----	----	----------

Par de guantes contra riegos mecánicos de punto de algodón recubierto de nitrilo que ofrezca resistencia a objetos cortantes y abrasivos. Impermeable a

Ud.	100	5€	500,00 €
-----	-----	----	----------



grasa, aceite y polvo, y que permita la manipulación de pequeños componentes. Con marcado CE, según normas EPI.

Mono de trabajo, fabricado en diversos cortes y confección en una sola pieza, con cierre de doble cremallera frontal, con tramo corto en la zona de la pelvis hasta la cintura, dotado de banda elástica lumbar de ajuste en la parte dorsal al nivel de la cintura.

Ud.	80	12€	960,00 €
-----	----	-----	----------

Mascarilla desechable para partículas de polipropileno con válvula de exhalación y con filtro físico FFP<sub>1</sub> de retención mecánica simple. Dotada de bandas elásticas de sujeción a la cabeza y adaptador protegido para la cara. Con marcado CE, según normas EPI.

Ud.	200	1€	200,00 €
-----	-----	----	----------

Par de guantes de soldador de protección contra el calor por contacto con temperatura máxima de 100°C. para manipulación de productos calientes, con resistencia a la abrasión, al corte por cuchilla, al rasgado, a la perforación, inflamabilidad, calor por contacto, calor convectivo y salpicaduras de metal fundido. Con marcado CE, según normas EPI.

Ud.	15	8€	120,00 €
-----	----	----	----------

Señal de advertencia del riesgo eléctrico, fabricada en material plástico, según las características descritas en el RD 485/97, incluyendo suministro, instalación, cambios de posición y retirada. Tamaño mediano.

Ud.	10	3€	30,00 €
-----	----	----	---------



Portátil de seguridad para iluminación eléctrica formada por casquillo, portalámparas estanco con rejilla antiimpactos, con gancho para cuelgue y mando de sujeción de material aislante de la electricidad, con manguera antihumedad de 15 m., dotada de clavija conectora estanca de intemperie. Todo ello cumpliendo el REBT.

Ud.	10	14€	140,00 €
-----	----	-----	----------

Banda de advertencia de peligro, fabricada en cinta continua de material plástico flexible a franjas alternativas en colores rojo y blanco, según RD 485/97, incluyendo instalación, mantenimiento y retirada.

m	500	2€	1.000,00 €
---	-----	----	------------

Señal de prohibido el paso a los peatones, fabricada en material plástico, según las características descritas en el RD 485/97, incluyendo suministro, instalación, cambios de posición y retirada. Tamaño mediano.

Ud.	5	3€	15,00 €
-----	---	----	---------

Señal de protección obligatoria de la cabeza, fabricada en material plástico, según las características descritas en el RD 485/97, incluyendo suministro, instalación, cambios de posición y retirada. Tamaño mediano

Ud.	5	3€	15,00 €
-----	---	----	---------

Señal de localización de primeros auxilios, fabricada en material plástico, con fondo de contraste de color verde y marco y simbología en color blanco, según RD 485/97, incluyendo suministro, instalación y retirada. Tamaño mediano.

Ud.	2	3€	6,00 €
-----	---	----	--------



Agua oxigenada en botella.	Ud.	5	1€	5,00 €
Alcohol de 96º en botella.	Ud.	5	1€	5,00 €
Algodón hidrófilo estéril en paquete de 200 g.	Ud.	25	2€	50,00 €
Analgésico a base a ácido acetilsalicílico, en tamaño medio, marca Aspirina.	Ud.	5	2,20€	11,00 €
Apósitos autoadhesivos de varias medidas, caja de tamaño medio.	Ud.	30	2€	60,00 €
Apósitos estériles en caja de 10 unidades de tamaño medio.	Ud.	30	2€	60,00 €
Desinfectante para heridas Betadine, solución antiséptica, en frasco.	Ud.	5	3€	15,00 €
Bolsa para agua o hielo.	Ud.	6	6€	36,00 €
Esparadrapo anti-alérgico en rollo ancho.	Ud.	20	3€	60,00 €
Guantes esterilizados, comercializados en bolsa de 100 unidades.	Ud.	6	3€	18,00 €
Maletín botiquín portátil para primeros auxilios. Vacío.	Ud.	2	30€	60,00 €



UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID  
DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA ELECTROLINERA

---

Mano de obra de limpieza instalaciones provisionales	Ud.	50	6€	300,00 €
Hora de encargado de Seguridad, con nivel de técnico especializado en la materia.	Hora	100	21€	2.100,00 €
Hora lectiva de formación de los trabajadores en seguridad y salud en el trabajo.	hora	100	18€	1.800,00 €
<b>TOTAL</b>				<b>12.396,00 €</b>





Descripción	Precio total
RESUMEN	
Centro de seccionamiento	13.500,00 €
Centro de Transformación	51.000,00 €
Cuadros Eléctricos	8.750,00 €
Líneas Eléctricas	3.217,47 €
Cargadores recarga rápida	183.800,00 €
Ingeniería	45.360,00 €
Seguridad y Salud	12.396,00 €
TOTAL	318.023,47 €





# Conclusiones

El desarrollo de este proyecto tenía como estudio principal, el diseño de una infraestructura de recarga de vehículo eléctrico, mediante un cargador de recarga rápida que efectuara la mayor carga posible en el menor tiempo posible, sin afectar en exceso la red de la que dependiera la instalación.

La recarga rápida, presenta como principal inconveniente, la alta potencia demanda por cargador, ya que estamos hablando que cada cargador demanda una potencia aproximada de unos 59 kW, por lo que en el momento que se encuentren varios vehículos eléctricos en carga simultanea, y no se disponga de una infraestructura de recarga como la presentada en este documento, la red se verá afectada, debido a que la Red Eléctrica de España no está preparada para un aumento de potencia tan importante. Por otro lado el desarrollo completo de la infraestructura de recarga, tal y como se presenta en este documento, provocaría un aumento de la energía, ya que se necesitaría tener una línea de MT, por cada electrolinera, por lo que la inversión en el sector de la redes de distribución aumentaría considerablemente.

Bajo mi punto de vista, la solución más idónea, haciendo un análisis económico-tecnológico, de menor inversión inicial, y menor inversión tecnológica son los sistemas de recarga lenta, en garajes comunitarios o estaciones de recarga nocturna en centros urbanos destinados a este uso, y mediante el cual se podría efectuar el uso simultaneo de recarga en varios vehículos, sin afectar a la red eléctrica, y sin hacer un desembolso inicial demasiado grande.

Otro punto que no está demasiado desarrollado actualmente, y bajo mi punto de vista, sería una de las mejores alternativas, serían los sistemas de intercambio de baterías ya que se podría realizar la recarga de las baterías por la noche en recarga lenta, entre 6 y 8 horas, sin afectar a la red, y en el momento que fuera necesario, realizar el intercambio de



la batería descargada por una cargada. Aunque el principal problema que presenta este método es que no existe un estándar de baterías común a todos los vehículos eléctricos.

El ritmo de entrada de los vehículos eléctricos, está ampliamente ligado, a los puntos de recarga, por lo que se debería llegar a un consenso común, para centrarse más en uno u otro sistema de recarga, e intentar avanzar más en ese determinado campo, para que así se produjera una mayor inserción del vehículo eléctrico en el sector del transporte y como uso cotidiano de medio de transporte.

Desde el punto de vista personal, el presente proyecto, me ha permitido conocer más de cerca, en lo que consiste un proyecto de investigación sobre algo de lo que se desconoce el tema, o de lo que no se tiene demasiada idea, y sobre todo me ha enseñado a conocer un poco más de cerca la conexión que tiene que existir entre la parte de desarrollo del proyecto y los fabricantes, siendo obligatoria esta comunicación, para que ellos te proporcionen datos reales como catálogos, precios, presupuestos, etc.

El proyecto fin de carrera, me ha permitido aprender mucho acerca de un mundo, del que hasta que empecé a desarrollar el proyecto, desconocía prácticamente todo, y es el mundo del Vehículo eléctrico, lo que me ha permitido aprender vocabulario más técnico sobre el tema.



# Bibliografía



## WEBS

- <http://www.idae.es>
- <http://www.chademo.com>
- <http://www.betterplace.com>
- <http://www.schneider-electric.com>
- <http://www.ree.es>
- <http://www.faircompanies.com/news/view/coche-electrico-un-cargador-estandar-para-el-tesla-model-s/>
- [http://www.elperiodicodearagon.com/noticias/sociedad/las-electrolineras-empiezan-a-ser-una-realidad-en-espana\\_697126.html](http://www.elperiodicodearagon.com/noticias/sociedad/las-electrolineras-empiezan-a-ser-una-realidad-en-espana_697126.html)
- <http://puntosderecarga.blogspot.com/2009/11/pre-acuerdo-entre-el-ministerio-de.html>
- <http://circularlife.circontrol.com/>
- [http://www.vidasostenible.org/observatorio/f2\\_final.asp?idinforme=1844](http://www.vidasostenible.org/observatorio/f2_final.asp?idinforme=1844)



- [1] AENOR, *IEC TC (Parte 1, 21, 22, 23, 24)*. 2009.
- [2] Comunidad de Madrid. *Guía del VE. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid*. 2011.
- [3] Pistoia, Gianfranco. *Battery Operated Devices and Systems: From Portable Electronics to Industrial Products*. 2007
- [4] Acciona. *Ingeteam*. 2010.
- [5] UNE - EN 61851-1. 2001.
- [6] UNE- EN 62196-1:2003. 2003.
- [7] Schneider Electric. *EVlink soluciones de recarga para vehículos eléctricos*. s.l. : Schneider Electric, 2011.
- [8] Schneider Electric. *Celdas SM6*. 2009.
- [9] Schneider Electric. *Celdas RM6*. 2009.
- [10] Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, (R.D. 842/2002) e Instrucciones Técnicas Complementarias a dicho reglamento (ITC-BT).
- [11] UNE-EN 60909.0. 1996
- [12] AENOR. *UNE 21301:1991 (CEI 38:1983 modificada)*. 1991.
- [13] Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. 1987.
- [14] Estrategia integral para el Impulso del vehículo eléctrico en España. 2010
- [15] Normativa UNESA y UNE.
- [16] Normas de la empresa suministradora, Normativa Iberdrola (NI), para este tipo de instalaciones.
- [17] José García Transancos. *Instalaciones Eléctricas de Media y Baja tensión, Ed. Paraninfo*, 2006.





# Anexos

# ANEXO I

- 21 -

EN 61851-1:2001

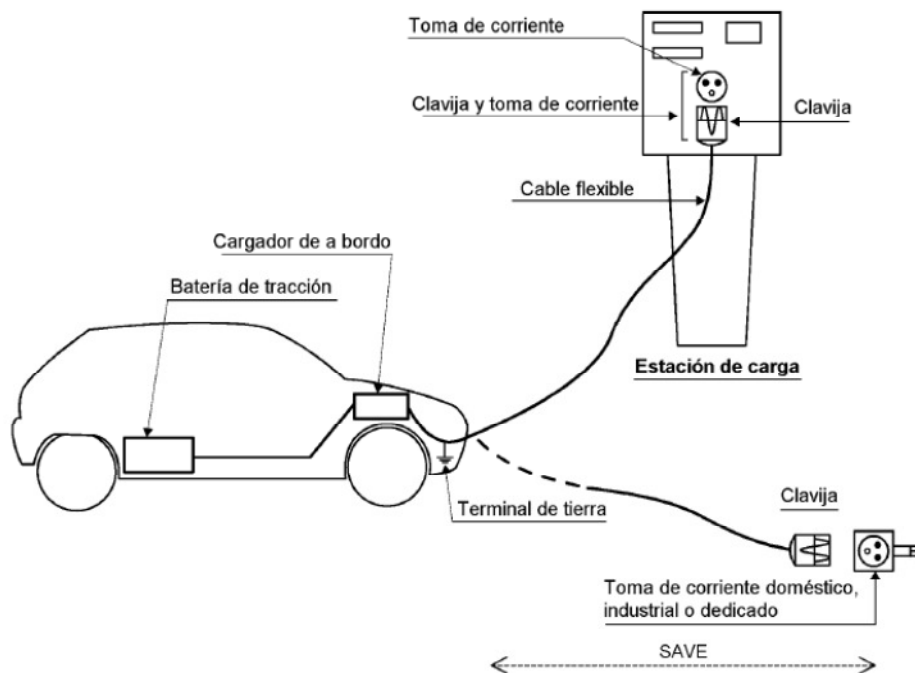
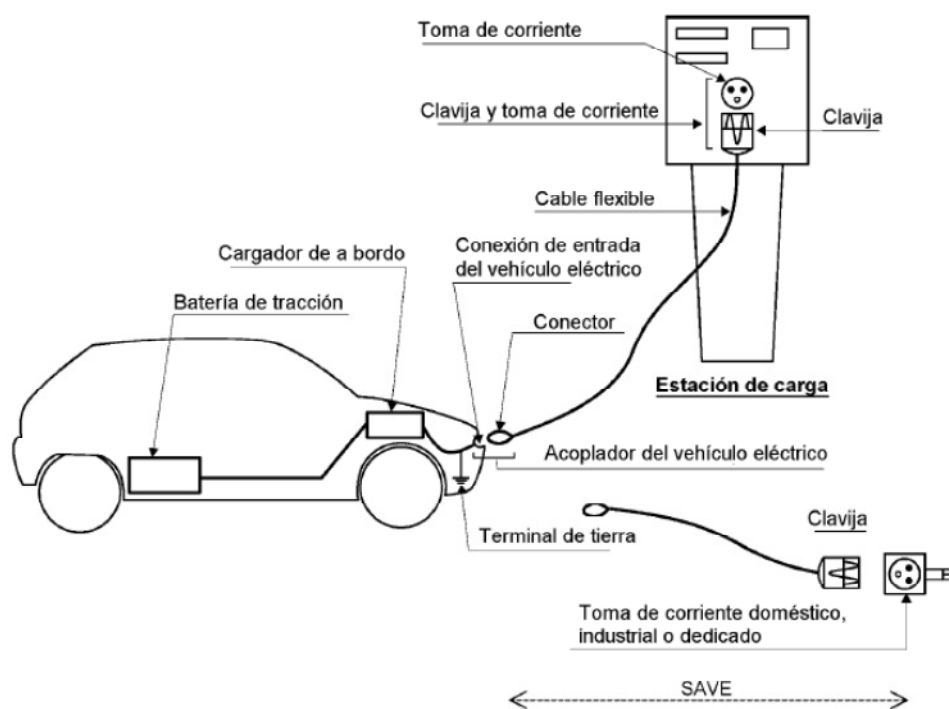
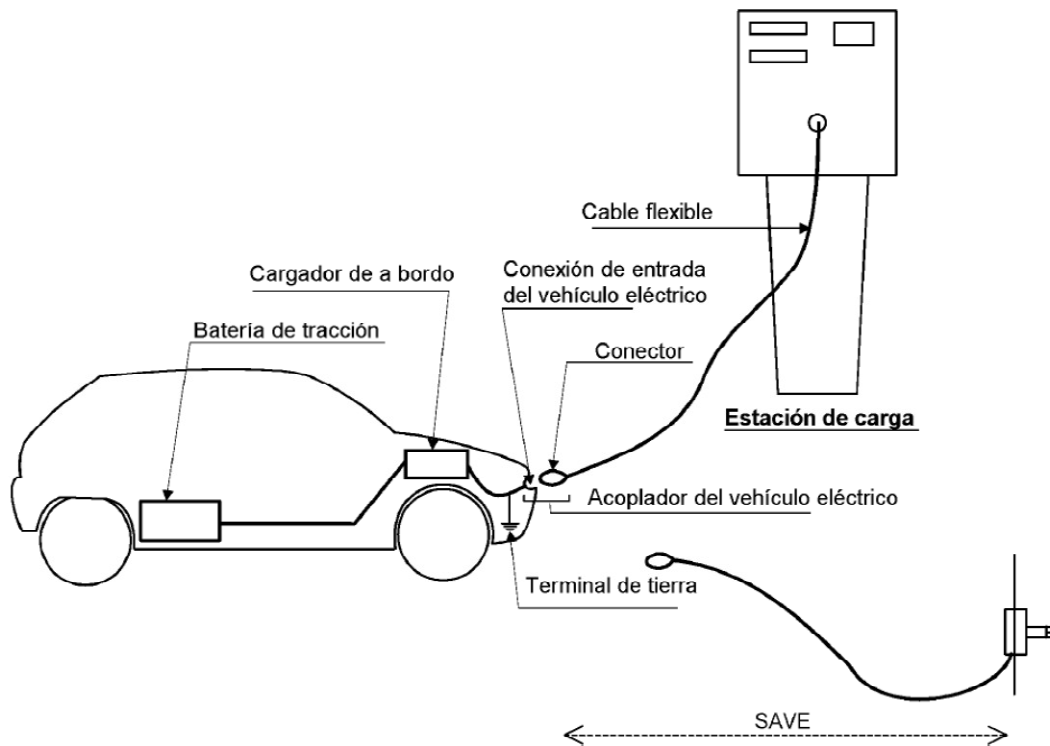


Fig. 1 – Conexión caso “A” – conexión de un VE a la red de c.a. utilizando un cable de alimentación y una clavija permanentemente unidos al VE

AENOR AUTORIZA EL USO DE ESTE DOCUMENTO A UNIV. CARLOS III DE MADRID



**Fig. 2 – Conexión caso “B” – conexión de un VE a la red de c.a. utilizando un conjunto de cable desmontable con un conector y un equipo de alimentación en c.a.**



**Fig. 3 – Conexión caso “C” – conexión de un VE a la red de c.a. utilizando un cable de alimentación y un conector permanentemente unidos al equipo de alimentación**

## ANEXO II

Guía de instalación de estaciones de carga rápida

### Características técnicas

#### Características ambientales

Característica	Valor
Índice de protección IP	IP54
Índice de protección IK	<ul style="list-style-type: none"><li>● IK10: estación de carga</li><li>● IK3: interfaz hombre-máquina</li></ul>
Temperatura de funcionamiento	De -30 &#8451; a +50 &#8451;;

#### Características de la alimentación de red

Característica	Valor
Conexión	400 V CA 3P + neutro
Frecuencia	50-60 Hz +/-10%
Esquema de conexión a tierra	TT o TN
Potencia	58 kVA
Factor de potencia	> 0,95
THDI	< 13 %

#### Características de la estación de carga CC

Característica	Valor
Corriente máxima de salida	120 A CC
Tensión máxima de salida	500 V CC
Potencia máxima de salida	50 kW
Protocolo de comunicación	CHAdEMO
Toma de conexión	Yazaki 120 A
Modo de recarga	Modo 4 según IEC 61851

#### Homologación

- Marcado **CE**
- De conformidad con la norma IEC 61851, Sistema de carga conductiva para vehículos eléctricos (IEC 61851-1 e IEC 61851-23)
- De conformidad con la norma IEC 62196, Tomas de corriente y conectores de vehículos - Carga conductiva para vehículos eléctricos (IEC 62196-1 y IEC 62196-3)
- De conformidad con la norma IEC 61439, Conjunto de equipo de baja tensión (IEC 61439-2 e IEC 61439-5)
- De conformidad con el protocolo CHAdEMO
- De conformidad con la Directiva europea 1999/5/CE (estación de carga con lector de acreditación RFID opcional)

## ANEXO III

### Presentación

### Centro de maniobra monobloque 24 kV serie ECS-24



#### Presentación

El centro de maniobra monobloque ECS-24 de exterior es un centro prefabricado de hormigón de maniobra exterior que engloba a un centro de maniobra o seccionamiento (sin transformador de potencia) de hasta 4 funciones de línea con interruptor-seccionador (I) o protección con interruptor-fusibles combinados (Q) o protección con interruptor automático (D) en 24 kV.

Las reducidas dimensiones (menos de 2,5 m<sup>2</sup> de superficie) de este centro permiten una fácil instalación y una cómoda ubicación reduciendo el impacto medioambiental. Realizar el montaje de todo el conjunto en fábrica permite ofrecer una solución llave en mano, calidad en origen y facilidad para posteriores traslados.

En obra habrá que preparar (no incluido en el suministro) el foso para su ubicación, la red de tierras exterior y prever la acometida de cables.



#### Esquemas

Este centro permite varios tipos de esquemas con funciones de línea con interruptor seccionador (I) o protección con interruptor-fusibles combinados (Q) o protección con interruptor automático (D) de celda RM6 (aislamiento y corte en SF6) de Schneider Electric:

- 1L – RM6 1L.
- 3L – RM6 3L.
- 3L – RM6 2IQ / RM6 2ID.
- 3L con telemando – celda RM6 3I+T y armario de telemando.
- 3L con telemando – celda RM6 3I y armario de telemando (sin TT).
- 4L – RM6 4L.
- 4L – RM6 3IQ / RM6 3ID.
- 4L – RM6 2IQ / RM6 2ID.

El armario de telemando considerado puede ser:

- T 200 I (opcional).
- Armario de telemando suministrado por el cliente (se deberá analizar según dimensiones).

#### Normativa y especificaciones

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.
- UNE-EN 61330: Centros de transformación prefabricados (marzo de 1997).

5

Centro de maniobra monobloque  
24 kV serie ECS-24

Instalación

Para la instalación del ECS-24 se requiere haber realizado previamente una excavación en el terreno de dimensiones:

- Longitud: 2.200 mm.
- Ancho: 2.440 mm.
- Profundidad total: 775 mm.

En el fondo de ésta se debe disponer de un lecho de arena lavada y nivelada de 150 mm de espesor. El montaje del ECS-24 se realiza en fábrica; por lo que en obra se deberá prever:

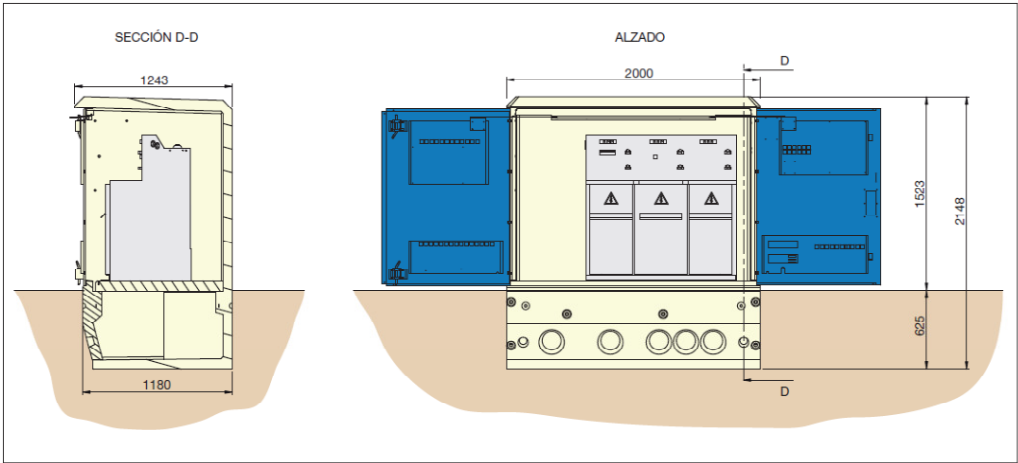
- El fácil acceso de un camión grúa 24 tm (ancho del camino superior a 3 m).
- La zona de ubicación del ECS-24 debe estar libre de obstáculos que impidan su descarga y su montaje.

El emplazamiento del ECS-24 se debe realizar por personal especializado, ya que para ello se requieren unos útiles específicos y unas eslingas adecuadas.

Dimensiones y peso

Dimensiones exteriores		Pesos	
● Longitud (mm):	2.000	● Peso vacío:	3.050 kg
● Ancho (mm):	1.243	● Peso con un esquema 1I:	3.181 kg
● Altura total (mm):	2.147	● Peso con un esquema 3I:	3.286 kg
● Altura vista (mm):	1.523	● Peso con un esquema 4I:	3.366 kg

5



## ANEXO IV

### Celdas compactas gama RM6

2



#### Descripción de la celda RM6

RM6 es una celda de reducidas dimensiones compuesta de 1 a 6 unidades funcionales integradas.

Este conjunto monobloque con aislamiento integral incluye:

- Una envolvente metálica de acero inoxidable, estanca y sellada de por vida, que contiene las partes activas, el interruptor seccionador, el seccionador de tierra, el interruptor combinado con fusibles o el interruptor automático.
- De uno a cuatro compartimentos para cables con pasatapas de conexión.
- Un compartimento de baja tensión.
- Un compartimento de mando.
- Un compartimento de fusibles para la función Q (interruptor combinado con fusibles).

La celda compacta RM6 responde a la definición de "sistema a presión sellado", conforme con la recomendación IEC.

El interruptor seccionador y el seccionador de tierra ofrecen todas las garantías de maniobra para el usuario:

#### • Estanqueidad.

La envolvente está llena de SF<sub>6</sub> a una presión relativa de 0,2 bares y queda sellada de por vida después del llenado. Su estanqueidad se verifica sistemáticamente en fábrica y otorga al aparato una esperanza de vida útil de 30 años. Por lo tanto, la celda RM6 no requiere ningún mantenimiento de las partes activas.

#### • Corte del interruptor seccionador.

La extinción del arco eléctrico se obtiene aplicando la técnica de autosoplado de SF<sub>6</sub>.

#### • Interruptor automático.

La extinción del arco eléctrico se obtiene aplicando la técnica del arco giratorio, acompañada de autoexpansión de SF<sub>6</sub>, lo que provoca el corte de cualquier intensidad hasta la intensidad de cortocircuito.

Interruptor de línea	I	
Interruptor-fusibles combinados		
Protección de transformador	Q	
Interruptor automático 400 A		
Protección de transformador	D4	
Interruptor automático 630 A		
Protección línea	D6	

#### Elección de las funciones

La gama ofrece al usuario un abanico de combinaciones de RM6 **no extensible** con 1, 2, 3, 4, 5 y 6 unidades funcionales.

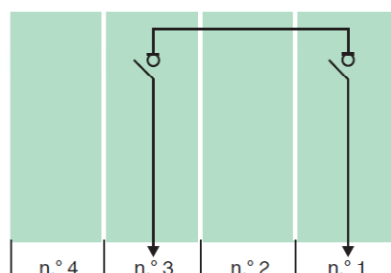
Se adapta a todas las necesidades y permite elegir la protección del transformador:

- Interruptor seccionador combinado con fusibles.

- Interruptor automático 400 A.

También permite proteger las líneas de bucle MT con un interruptor automático de 630 A.

La mayoría de estos aparatos también existe en versión **extensible por la derecha o totalmente extensible (ambos lados)** para cuando se prevea una ampliación futura de la red.



#### Denominación de las celdas

##### Tipo de celda

DE: extensible por la derecha

TE: módulo totalmente extensible (por la derecha y por la izquierda)

##### Configuración de las funciones

I	I	I	I
Q		Q	
D4		D4	
D6		D6	

##### Configuración de las funciones

RM6.2I1Q

RM6.2I2Q (DE)



Tabla de características eléctricas

Tensión asignada (kV)		24		
Nivel de aislamiento				
Frecuencia industrial	50 Hz 1 mn (kV ef.)	50		
Onda de choque	1,2/50 μs (kV cresta)	125		
Función de línea (I)				
Intensidad asignada (A) <sup>(1)</sup>	400	630	630	
Intensidad admisible de corta duración (kA ef./1 s) <sup>(2)</sup>	16	16	20	
Poder de corte asignado con cables en vacío (A)	30	30	30	
Poder de cierre del interruptor y del seccionador de puesta a tierra (kA cresta)				
	40	40	50	
Función de protección de transformador (Q o D4)				
Interruptor-fusibles combinados (Q)				
Intensidad asignada (A)	200	200	200	
Poder de cierre (kA cresta) <sup>(3)</sup>	40	40	50	
Interruptor automático D4				
Intensidad asignada (A) <sup>(1)</sup>	400	400		
Intensidad admisible de corta duración (kA ef./1 s) <sup>(2)</sup>	16	16		
Poder de corte en cortocircuito (kA ef.)	16	16		
Poder de cierre (kA cresta)	40	40		
Función de protección de línea con interruptor automático (D6)				
Intensidad asignada (A) <sup>(1)</sup>		630		
Intensidad admisible de corta duración (kA ef./1 s) <sup>(2)</sup>		16		
Poder de corte en cortocircuito (kA ef.)		16		
Poder de cierre (kA cresta)		40		

(1) Estas características son válidas (según IEC) para temperaturas ambiente comprendidas entre -25 °C y +40 °C (clase -25 °C). Para temperaturas más elevadas, la intensidad admisible (en A) es:

Temperatura	40 °C	45 °C	50 °C	55 °C
Instalación interior	400	400	400	355
	630	575	515	460

(2) Para valores de intensidad admisible de corta duración > 1 s, se ruega consultar.

(3) Valores estimados, ya que la intensidad está limitada por el fusible.

## Normas

RM6 cumple las normas:

- IEC: 60694, 60298, 60265, 62271-102, 62271-105, 62271, 60255.
- UNE-EN 60298, recomendación UNESA RU 6407B.

Condiciones normales de servicio, según IEC 60694 para equipo de interior:

- Temperatura ambiente:
  - Clase -25 interior.
  - Inferior o igual a 40 °C.
  - Inferior o igual a 35 °C de media en 24 h.
  - Superior o igual a -25 °C.
- Altitud:
  - Inferior o igual a 1.000 m.
  - Por encima de 1.000 m, y hasta 3.000 m, con conexiones de campo dirigido.
- Poder de corte.

Los interruptores de celdas RM6 son "interruptores de clase E3/M1" conformes a la norma IEC 60265, es decir:

- 100 ciclos de cierre-apertura de la intensidad asignada con  $\cos \phi = 0,7$ .
- 1.000 maniobras de apertura mecánica.

Los interruptores automáticos están diseñados para realizar:

- 2.000 maniobras de apertura mecánica conforme con la norma IEC 62271-100.
- 100 ciclos de cierre-apertura a la intensidad nominal.
- 5 ciclos de cierre-apertura con la intensidad de cortocircuito.

# ANEXO V

## Instalación

## Centro de maniobra monobloque 24 kV serie ECS-24

### Instalación

Para la instalación del ECS-24 se requiere haber realizado previamente una excavación en el terreno de dimensiones:

- Longitud: 2.200 mm.
- Ancho: 2.440 mm.
- Profundidad total: 775 mm.

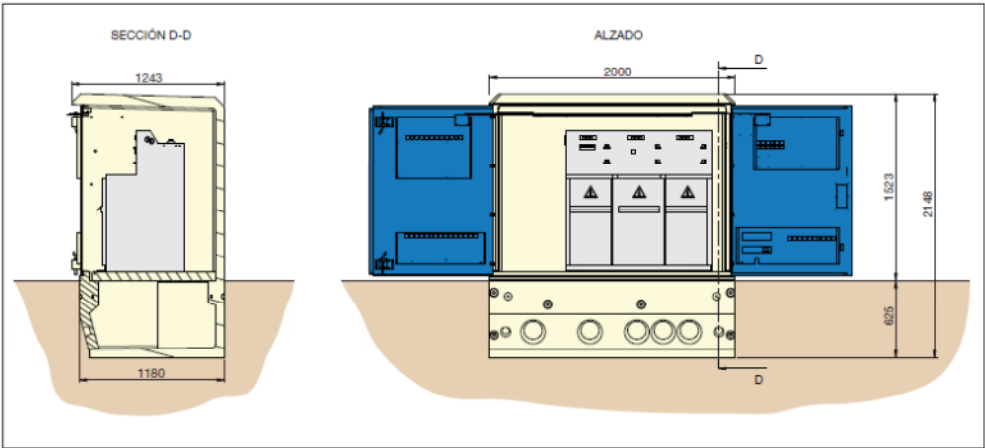
En el fondo de ésta se debe disponer de un lecho de arena lavada y nivelada de 150 mm de espesor. El montaje del ECS-24 se realiza en fábrica; por lo que en obra se deberá prever:

- El fácil acceso de un camión grúa 24 tm (ancho del camino superior a 3 m).
- La zona de ubicación del ECS-24 debe estar libre de obstáculos que impidan su descarga y su montaje.

El emplazamiento del ECS-24 se debe realizar por personal especializado, ya que para ello se requieren unos útiles específicos y unas eslingas adecuadas.

### Dimensiones y peso

Dimensiones exteriores		Pesos	
● Longitud (mm):	2.000	● Peso vacío:	3.050 kg
● Ancho (mm):	1.243	● Peso con un esquema 1I:	3.181 kg
● Altura total (mm):	2.147	● Peso con un esquema 3I:	3.286 kg
● Altura vista (mm):	1.523	● Peso con un esquema 4I:	3.366 kg



## Presentación



5

## Edificios prefabricados de hormigón serie EHC

La creciente necesidad por parte del usuario final de una mayor calidad en el centro de transformación ha llevado a Schneider Electric a desarrollar dos series de edificios prefabricados de hormigón con un proceso de producción innovador.

### EHC - Edificio prefabricado de hormigón monobloque

Los edificios prefabricados de hormigón de la serie EHC han sido concebidos para ser montados enteramente en fábrica, permitiendo la instalación de toda la aparatamenta y accesorios que completan el centro; lo que permite garantizar la calidad de todo el conjunto (a excepción de la conexión de los cables de entrada y salida) en la misma unidad de producción.

La gama de la serie EHC está formada por ocho modelos diferentes en longitud (de 1.610 mm a 7.520 mm de longitud total), que permiten incluir todos los esquemas (con dos transformadores como máximo) habituales de distribución pública y un elevado número de esquemas de distribución privada (abonado).

Los prefabricados de hormigón que se ofrecen están diseñados para alojar en su interior las diferentes gamas de productos Schneider Electric:

- Celdas modulares y monobloque de 24 kV.
- Transformadores de 24 kV.
- Cuadros modulares de distribución en Baja Tensión, según RU 6302B.
- Cuadros de Baja Tensión de abonado.
- Cuadros de contadores.

Pudiendo ofrecer, para cada necesidad, una solución global, optimizada y garantizada con la calidad Schneider Electric de un centro de transformación en MT.

El acabado exterior se realiza con un revoco de pintura que ha sido especialmente escogida para integrar el prefabricado en el entorno que lo rodea; así como para garantizar una alta resistencia frente a los agentes atmosféricos.

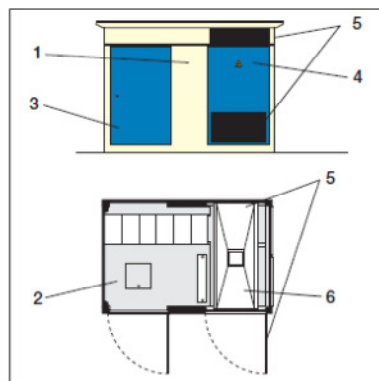
### Normativa

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.
- Norma UNE-EN 61330.



## Componentes

## Edificios prefabricados de hormigón serie EHC



1. Envoltente.
2. Suelos.
3. Puerta de peatón.
4. Puerta de transformador.
5. Rejillas de ventilación.
6. Cuba de recogida de aceite.

5

### ● Envoltente

La envoltente (base, paredes y techos) de hormigón armado se fabrica de tal manera que se carga sobre un camión como un solo bloque en la fábrica.

La envoltente está diseñada de tal forma que se garantiza una total impermeabilidad y equipotencialidad del conjunto, así como una elevada resistencia mecánica. El acabado exterior se realiza con un revoco de pintura beige rugosa (RAL 1014) que ha sido especialmente escogida para integrar el prefabricado en el entorno que lo rodea.

En la base de la envoltente van dispuestos, tanto en los laterales como en la solera, los orificios para la entrada de cables de Alta y Baja Tensión. Estos orificios son partes debilitadas del hormigón que se deberán romper (desde el interior del prefabricado) para realizar la acometida de cables.

### ● Suelos

Están constituidos por elementos planos prefabricados de hormigón armado apoyados en un extremo, sobre la pared frontal, y en el otro extremo, sobre unos soportes metálicos en forma de U que constituyen los huecos que permiten la conexión de cables en las celdas. Los huecos que no quedan cubiertos por las celdas o cuadros eléctricos pueden taparse con unas placas fabricadas para tal efecto.

En la parte central se disponen unas placas de peso reducido, que permiten el acceso de personas a la parte inferior del prefabricado, a fin de facilitar las operaciones de conexión de los cables en las celdas, cuadros y transformadores.

### ● Cuba de recogida de aceite

La cuba de recogida de aceite se integra en el propio diseño del edificio prefabricado. Con una capacidad de 760 litros, está diseñada para recoger en su interior el aceite del transformador sin que éste se derrame por la base.

Sobre la cuba se dispone una bandeja cortafuegos de acero galvanizado perforada y cubierta por grava.

### ● Rejillas de ventilación

Las rejillas de ventilación de los edificios prefabricados EHC están fabricadas de chapa de acero galvanizado (acero inoxidable para la zona Canarias) sobre la que se aplica una película de pintura epoxy poliéster azul RAL 5003. El grado de protección para el que han sido diseñadas las rejillas es IP339.

Estas rejillas están diseñadas y dispuestas de manera que la circulación del aire, provocada por tiro natural, ventile eficazmente la sala de transformadores. Como base de diseño se han tomado los transformadores UNE 21428 de 1.000 kVA y el ensayo de calentamiento de la UNE-EN 61330.

Todas las rejillas de ventilación van provistas de una tela metálica mosquitera.

### ● Puertas de acceso

Están constituidas en chapa de acero galvanizado (acero inoxidable para la zona Canarias) recubierta con pintura epoxy poliéster azul RAL 5003. Esta doble protección, galvanizado más pintura, las hace muy resistentes a la corrosión causada por los agentes atmosféricos.

Las puertas están abisagradas para que se puedan abatir 180° hacia el exterior, pudiendo mantenerlas en la posición de 90° con un retenedor metálico.

Las puertas frontales de peatón de la sala de celdas permiten una luz de acceso de 1.250 mm × 2.100 mm (anchura × altura), mientras que las puertas laterales (en opción) permiten una luz de acceso de 910 mm × 2.100 mm (anchura por altura).

Las puertas de acceso al transformador sólo se pueden abrir desde el interior mediante un dispositivo mecánico, existiendo, en opción, la posibilidad de colocar una cerradura para abrir desde el exterior. Las luces de acceso a la sala de transformadores son 1.250 mm × 2.100 mm (anchura × altura).

### ● Mallas de protección de transformador

Unas rejas metálicas impiden el acceso directo a la zona del transformador desde el interior del prefabricado.

Opcionalmente esta malla de protección puede ser sustituida por un tabique separador metálico.

### ● Malla de separación interior

Cuando haya áreas del centro de transformación con acceso restringido, se puede instalar una malla de separación metálica con puerta y cierre por llave.

## ANEXO VI

### Presentación



### Celdas modulares gama SM6

#### Presentación

La gama SM6-24 está compuesta por celdas modulares equipadas con aparataje fijo, bajo envolvente metálica, que utiliza el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) como aislante y agente de corte en los aparatos siguientes:

- Interruptor-seccionador.
- Interruptor-automático Fluarc SF1.
- Seccionador.
- Seccionador de puesta a tierra.
- Contactor ROLLARC.

La gama SM6-24 responde, en su concepción y fabricación, a la definición de aparataje bajo envolvente metálica compartimentada, de acuerdo con la norma UNE-EN 62271-200.

Las celdas SM6-24 permiten realizar la parte MT de los centros de transformación MT/BT de distribución pública y privada hasta 24 kV.

Además de sus características técnicas, SM6 aporta una respuesta a las exigencias en materia de seguridad de las personas, facilidad de instalación y explotación.

Las celdas SM6-24 están concebidas para instalaciones de interior (IP2XC según norma UNE 20324 o IEC 60529), beneficiándose de unas dimensiones reducidas:

- Anchuras de 375 mm (celdas de interruptor) a 750 mm (celdas de interruptor automático).
- Altura de 1.600 mm.
- Profundidad a cota cero de 840 mm.

Lo que permite su ubicación en un local de dimensiones reducidas o en el interior de un edificio prefabricado de hormigón.

El grado de protección, según UNE 20324 o IEC 60529, de la envolvente externa, así como para los tabiques laterales de separación de celdas en la parte destinada a la colocación de los terminales de cables y fusibles, es IP2XC. Para grados de protección IP3X, consultar.

Para el resto de compartimentos es IP2X.

En lo referente a daños mecánicos, el grado de protección es "7" (UNE 20324 o IEC 60529).

Los cables se conectan desde la parte frontal de las celdas.

La explotación está simplificada por la reagrupación de todos los mandos sobre un mismo compartimento frontal.

Las celdas pueden equiparse con numerosos accesorios (bobinas, motorización, contactos auxiliares, transformadores de medida y protección, etc.).

La pintura utilizada en las celdas es RAL 9002 (blanco) y RAL 9030 (negro).

#### Normas

Las celdas de la gama SM6-24 responden a las siguientes recomendaciones, normas y especificaciones:

- Normas internacionales: IEC 60298, 62271-102, 60265, 62271, 60694, 62271-105.
- Normas españolas: UNE-EN 60298, IEC 62271-102, 60265-1, 60694, 62271-100. Se ruega consultar cualquier otro tipo de normativa (UTE, HN, etc.).

#### Denominación

Las celdas SM6-24 se identifican por:

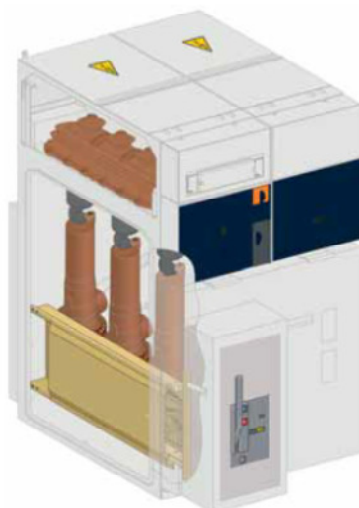
- La designación de la función: IM - QM - DM1 - SM...
- La intensidad asignada de la celda: 400 o 630 A.
- La tensión asignada: 7,2 - 12 - 24 kV.
- El valor de la intensidad asignada de corta duración admisible: 12,5 - 16 - 20 - 25 kA/1 s.

#### Ejemplo

Por una celda IM 400 - 24 - 16:

- IM designa una celda de línea.
- 400, la intensidad asignada es de 400 A.
- 24, la tensión asignada es de 24 kV.
- 16, la intensidad asignada de corta duración admisible es de 16 kA/1 s.





## Celdas modulares gama SM6

### Características eléctricas de las celdas SM6

#### ● Tensión asignada (Un) - aislamiento.

Tensión asignada (kV)	7,2	12	24
50 Hz/1 min. Aislamiento	20	28	50
Seccionamiento	23	32	60
Tipo rayo Aislamiento	60	75	125
(kV cresta) Seccionamiento	70	85	145

#### ● Tensión asignada (Un) - límite térmico (Ith) - intensidad asignada (In).

Serie 12,5 (12,5 kA 1 s)	400-630 A	400-630 A	400-630 A
Serie 16 (16 kA 1 s)	400-630 A	400-630 A	400-630 A
Serie 20 (20 kA 1 s)	400-630 A	400-630 A	400-630 A
Serie 25 (25 kA 1 s)	400-630 A	400-630 A	NO

(En las celdas de protección por fusibles tipo PM y QM, la intensidad asignada es de 200 A, ya que viene limitada por el calibre del fusible. Para armonizar nos referimos a la intensidad del interruptor.)

#### ● Valor de cresta de la intensidad de corta duración: $2,5 \times Ith$ (kA cresta).

#### ● Poder de corte (Pdc) máximo.

IM, IMC, IMPE, IMBD, IMBI, IMR	400-630 A
GCSD, GCSI, GCMD, GCM, NSM	
PM, PMBD, PMBI	400-630 A (interruptor)
	25 kA-12 kV / 20 kA-24 kV (fusibles)
QM, QMC, QMBD, QMBI	400-630 A (interruptor)
	25 kA-12 kV / 20 kA-24 kV (fusibles)
DM1-C, DM1-D, DM1-W, DM1-A	25 kA-12 kV / 20 kA-24 kV
DM2	25 kA-12 kV / 20 kA-24 kV
CRM sin fusibles	10 kA-7,2 kV / 8 kA-12 kV
CRM con fusibles	25 kA-7,2 kV / 12,5 kA-12 kV
SM, SME	No tiene Pdc

**Nota:** el poder de corte que se indica para las celdas PM, QM, CRM es el propio del aparato de maniobra (interruptor o contactor). El poder de corte en caso de cortocircuito será el propio de los fusibles.

#### ● Poder de corte (Pdc) del interruptor SF6:

● Pdc transformador en vacío: 16 A.

● Pdc cables en vacío: 25 A.

● Poder de cierre del interruptor SF6:  $2,5 \times Ith$  (kA cresta).

● Poder de cierre del seccionador SF6: no tiene.

● Poder de cierre de los seccionadores de puesta a tierra (Spat) en kA cresta.

IM, IMC, IMPE, IMBD, IMBI, GCSD	$2,5 \times Ith$
GCSI, GCMD, GCM, NSM, IMR	
PM, QM, QMC	Spat superior: $2,5 \times Ith$ Spat inferior: 2,5 kA cresta
PMBD, PMBI, QMBD, QMBI	Spat superior: $2,5 \times Ith$ Spat inferior: NO LLEVA
DM1-C, DM1-W, DM1-A, CRM	40 kA cresta / 50 kA cresta
DM1-D, DM2	Spat superior sin poder de cierre
SM	NO TIENE poder de cierre
SME	NO LLEVA Spat
GAM	$2,5 \times Ith$

Celdas modulares  
gama SM6



● Endurancias.

Celdas	Endurancia mecánica	Endurancia eléctrica
IM, IMC, IMPE, IMBD, IMBI, IMR, GCSD, GCSI, GCMD, GCMII, NSM, PM, PMBD, PMBI	UNE-EN 60265-1, IEC 60265 1.000 maniobras	UNE-EN 60265-1, IEC 60265 100 ciclos cierre-apertura a $I_n$ $\cos \varphi = 0,7$
QM, QMB, QMC	UNE-EN 60265-1, IEC 60265 1.000 maniobras	UNE-EN 60265-1, IEC 60265 100 ciclos cierre-apertura a $I_n$ $\cos \varphi = 0,7$  IEC 62271-105 (ensayo de intensidad de transición) 3 aperturas ( $\cos \varphi = 0,2$ ) a: 1.730 A / 12 kV 1.400 A / 24 kV
DM1-C, DM1-D, DM1-A, DM2, DM1-W	IEC 62271-100, UNE-EN 62271-100 10.000 maniobras	IEC 62271-100, UNE-EN 62271-100 40 cortes a $P_{dc}$ asignado 10.000 cortes a $I_n$ , $\cos \varphi = 0,7$
CRM	IEC 62271-100, UNE-EN 62271-100 300.000 maniobras (R400) 30.000 maniobras (R400 D)	IEC 62271-100, UNE-EN 62271-100 300.000 ciclos cierre-apertura a 250 A 100.000 ciclos cierre-apertura a 320 A

1

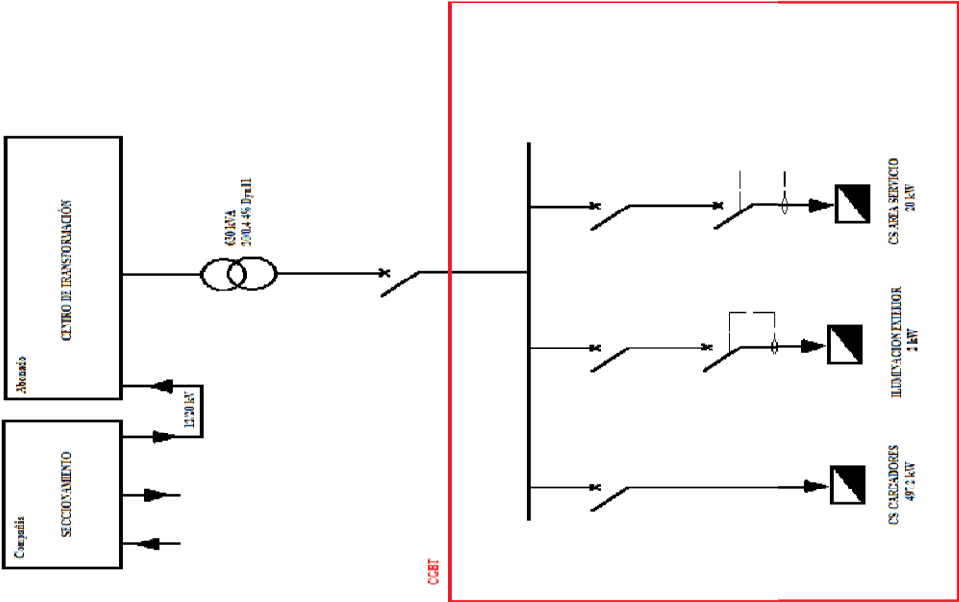
Compatibilidad electromagnética

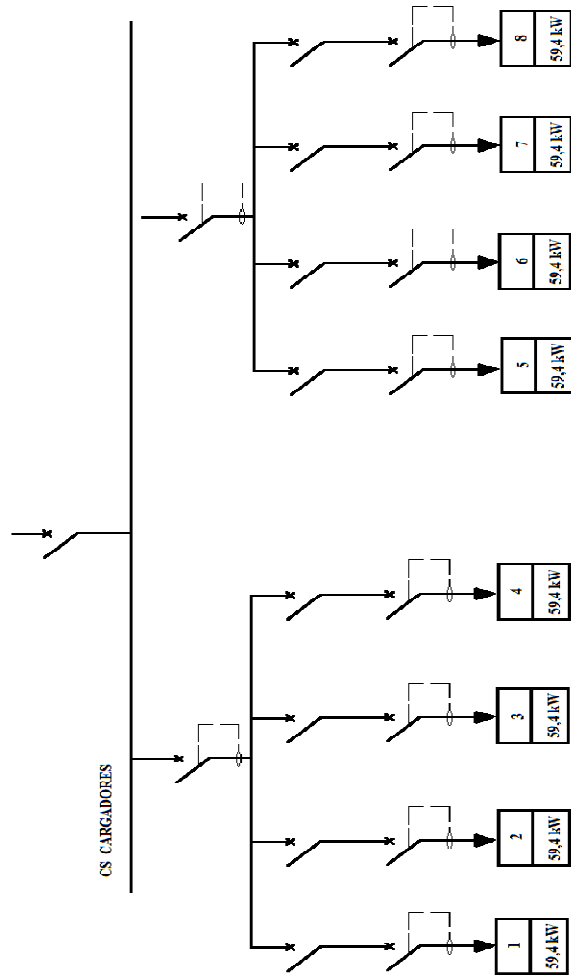
- Para los relés (VIP, Sepam, T200 S): nivel 4 kV sobre la alimentación, según la recomendación IEC 60801-4.
- Para los compartimentos:
  - Campo eléctrico:
    - 40 dB de atenuación a 100 MHz.
    - 20 dB de atenuación a 200 MHz.
  - Campo magnético: 20 dB de atenuación por debajo de 30 MHz.
- Temperaturas:
  - Almacenaje: de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $+70^{\circ}\text{C}$ .
  - Funcionamiento: de  $-5^{\circ}\text{C}$  a  $+40^{\circ}\text{C}$ .
  - Otras temperaturas, consultar.
- Altitud:
  - Estas celdas están concebidas para funcionar a una altitud igual o inferior a 1.000 m. Para otras altitudes se ruega consultar.






# Planos





 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID	
DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA ELECTROLINERA	
Plano:	Nº Plano
CS CARGADORES DERIVACIÓN A CARGADOR	2